

Aquífero Estremoz-Cano

Identificação das fontes de poluição azotada e remoção de nitratos

Diana Santos Cabaço Correia

Dissertação submetida para obtenção do grau de

Mestre em Engenharia do Ambiente

Realizada na Câmara Municipal de Estremoz

Orientador Académico: José Carlos Tentúgal Valente

(Professor Associado do Departamento de Engenharia Civil: Secção de Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto)

Coorientador Académico: Chia Yau Cheng

(Professor Auxiliar convidado do Departamento de Engenharia Civil: Secção de Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto)

Orientador na Empresa: Rui Franco

(Técnico Superior do Gabinete de Planeamento e Gestão Ambiental da Câmara Municipal de Estremoz)

julho, 2013

Agradecimentos

Elevo o meu pensamento a Deus, agradecendo todas as coisas da vida. Peço a sua bênção para a obra terminada.

A todos os Homens caridosos, que participaram no avanço desta dissertação, um eterno obrigada, em especial aos meus orientadores, familiares e amigos.

Resumo

No concelho de Estremoz, a problemática das águas subterrâneas contaminadas por nitrato, foi abordada na perspetiva de se encontrarem as causas da poluição. Estudou-se em pormenor três captações com excesso de nitrato: Azenha Nova, Álamo e Olival. Após a identificação da potencial origem dos nitratos sugerem-se medidas preventivas, e determinam-se as corretivas, adequadas para cada caso.

Na abordagem usada, primeiro fez-se uma pesquisa bibliográfica e respetivo enquadramento legal. Seguidamente foi analisado o ciclo do azoto e a hidrogeologia do sistema aquífero Estremoz-Cano, para conhecimento do comportamento do nitrato na água. Posteriormente caracterizaram-se as zonas de abastecimento do concelho e selecionaram-se três casos de estudo. Enquadraram-se hidrogeologicamente as captações com o uso do solo, dos terrenos envolventes às mesmas, para identificarem-se potenciais fontes de poluição. Aplicou-se a análise de sensibilidade $[\text{NO}_3^-]$ - precipitação, e conclui-se se ocorreu a lixiviação ou diluição do nitrato. A partir do custo-eficácia das tecnologias, permuta iónica e osmose inversa, escolheu-se a mais adequada, para cada caso.

Conclui-se pela análise de sensibilidade, que a precipitação influencia mais vezes a concentração na Azenha Nova e no Álamo, pelo efeito de lixiviação. Nestes dois casos, embora atualmente se faça uma aplicação do adubo eficiente, durante muitos anos isso não ocorreu, considera-se nestas captações poluição difusa, a agricultura intensiva. Verificou-se na Azenha Nova, poluição pontual a descarga direta do efluente doméstico, numa linha de água próxima da captação. No Olival não é aplicável a relação $[\text{NO}_3^-]$ - precipitação, quanto à poluição considera-se a difusa, de difícil identificação nesta zona. Pelo custo eficácia e características dos casos, recomenda-se na Azenha Nova a aplicação da osmose inversa e no Olival da permuta iónica. No Álamo pela aplicação da ferramenta não é possível saber qual das duas a mais adequada, contudo estima-se pelos custos de investimento ser a permuta iónica a implementar.

A água é finita. Por isso só com uma gestão integrada, que considere em conjunto todos os usos da água do aquífero Estremoz-Cano, a nível da eficiência económica, equidade e sustentabilidade ambiental é que se consegue proteger a mesma em qualidade e quantidade.

Palavras-chave: Zona Vulnerável; Aquífero Estremoz-Cano; Poluição azotada; Abastecimento público; Tecnologias de tratamento

Abstract

In the municipality of Estremoz, the problem of nitrate contaminated groundwater was approached from the perspective of finding the causes of pollution. Three different water abstraction stations with excess nitrate were examined in detail: Azenha Nova, Álamo and Olival. After the identification of potential sources of nitrate, some suggestions of preventive and corrective measures are determined for each case. Firstly a research on literature and the appropriate legal framework was done. Afterwards, the nitrogen cycle and the hydrogeology of the aquifer system of Estremoz-Cano were analyzed, in order to better understand the behavior of nitrates in water. Subsequently, the supply areas of the municipality were characterized and three specific case-studies were selected. Potential sources of pollution were identified based on the cross-reference of the system's hydrogeology and the use and activities associated with surrounding lands. A sensitivity analysis of $[\text{NO}_3^-]$ –precipitation was executed, allowing the identification of leaching or dilution of nitrate. Finally, a cost-effectiveness analysis of the existing technologies, namely ion exchange and reverse osmosis, allowed the selection of the most appropriate for each case. The sensitivity analysis led to the conclusion that precipitation has a frequent influence on the concentration values in Azenha Nova and Álamo, due to the effect of leaching. Although these locations are currently fertilized efficiently, for many years it has not occurred. Therefore these cases were associated with diffuse pollution activities, like intensive agriculture. In Azenha Nova, a punctual source of pollution was verified, which was the direct discharge of wastewater in a water line next to the capitation. As for Olival, no conclusions were obtained regarding the relation $[\text{NO}_3^-]$ –precipitation. For this case, pollution sources were considered diffuse pollution, and there were some difficulties regarding the identification of specific sources. Considering the cost effectiveness analysis and the characteristics of the problem at hand, it is recommended for Azenha Nova and Olival the application of ion exchange. Regarding Álamo, the application of this analysis was unable to verify which of the two technologies was the most suitable. However, it is estimated by the cost of investment that ion exchange is the best technology to implement. Water is finite natural resource. Therefore, only with an integrated management, which implies the consideration of all uses of the water aquifer of Estremoz-Cano, the level of economic efficiency, equity and environmental sustainability, we can then protect water in quality and quantity.

Keywords: Vulnerable Zone; Aquifer Estremoz-Cano; Nitrogen Pollution; Supply Public; Treatment Technologies;

Índice

Agradecimentos	ii
Resumo	iv
Abstract	vi
Índice	viii
Lista de Tabelas	xi
Lista de Figuras	xiii
Lista de Gráficos	xv
1 Introdução	1
1.2 Objetivos	3
1.3 Planeamento da Dissertação	3
2 Revisão Bibliográfica e Enquadramento Legal	5
2.1 Revisão bibliográfica	5
2.1.1 Qualidade da Água	5
2.1.2 A Influência dos Nitratos na Saúde	6
2.1.3 Ciclo do Azoto	7
2.1.4 Poluição Causada por Nitratos	10
2.1.5 Nitratos na água subterrânea	11
2.1.6 Perímetros de Proteção	14
2.1.6 Código de Boas Práticas Agrícolas - CBPA	16
2.1.7 Medidas Corretivas e Preventivas	19
2.1.8 Remoção de Nitrato das Águas Subterrâneas	20
2.2 Enquadramento legal	22
2.2.1 Diretiva Quadro-Água - Diretiva 2000/60/CE	22
2.2.2 Lei da Água – Decreto-Lei n.º 58/2005 de 29 de dezembro	22
2.2.3 Lei da Titularidade dos Recursos Hídricos – Decreto-Lei n.º 54/2005, de 15 de novembro	22
2.2.4 Taxa de Recursos Hídricos – Decreto-Lei n.º 97/2008 de 11 de junho	23
2.2.5 Regime de Utilização dos Recursos Hídricos – Decreto-Lei n.º 226-A/2007 de 31 de maio	23

2.2.6 Regime jurídico dos Serviços Municipais de Abastecimento Público de Água - Decreto-Lei n.º 194/2009 de 20 de agosto	23
2.2.7 Programa de Ação para as Zonas Vulneráveis - Portaria n.º 259/2012 de 28 de agosto	24
2.2.8 Qualidade da Água destinada ao Consumo Humano – Decreto-Lei n.º 306/2007 de 27 de agosto	25
3 Caracterização do Sistema Aquífero Estremoz-Cano.....	27
3.1 Geologia	27
3.2 Hidrogeologia	28
3.3 Bacia Hidrográfica do Tejo	32
4 Caracterização das zonas de abastecimento	37
4.1 Caracterização das zonas de abastecimento do concelho de Estremoz.....	38
4.1.1 Zona de abastecimento de Veiros.....	39
4.1.2 Zona de abastecimento de São Bento do Ameixal.....	41
4.1.3 Zona de abastecimento de São Lourenço de Mamporção	43
4.1.4 Zona de abastecimento do Monte das Janelas	45
4.1.5 Zona de abastecimento de Estremoz.....	45
4.1.6 Zona de abastecimento de Évora-Monte.....	48
4.1.7 Zona de abastecimento de Santa Vitória do Ameixal	51
4.1.8 Zona de abastecimento de São Bento do Cortiço	52
4.1.9 Zona de abastecimento de Glória	53
4.1.10 Zona de abastecimento de Arcos.....	54
4.1.11 Zona de abastecimento de Venda da Porca.....	55
4.1.12 Zona de abastecimento de Santo Estevão	56
4.2 Casos de estudo	57
4.2.1 Azenha Nova.....	58
4.2.2 Álamo	61
4.2.3 Olival.....	64
4.3 Análise de sensibilidade	66
4.3.1 Azenha Nova.....	66
4.3.2 Álamo	68
4.3.3 Olival.....	74
4.4 Conclusões - Medidas preventivas.....	77

5 Tecnologias de Tratamento	79
5.1 Tecnologias de Tratamento – Azenha Nova.....	80
5.1.1 Permuta Iónica	80
5.1.2 Osmose Inversa	81
5.1.3 Custo-Eficácia (Azenha Nova).....	82
5.2 Tecnologias de Tratamento – Álamo	84
5.2.1 Permuta iónica	84
5.2.2 Osmose Inversa	86
5.2.3 Custo-Eficácia (Álamo)	87
5.3 Tecnologias de Tratamento – Olival.....	88
5.3.1 Permuta Iónica	89
5.3.2 Osmose Inversa	89
5.3.3 Custo-Eficácia (Olival).....	90
5.4 Conclusões – Medidas corretivas.....	92
6 Recomendações de Trabalhos Futuros.....	93
Bibliografia.....	95
Anexos	99
A1 – Dados das análises a nitratos das zonas de abastecimento do município	99
A2 – Análises de Março de 2013 ao nitrato das origens do município.....	104
A3 – Tipologia da água da Azenha Nova	105
A4 – Dados dos planos de adubação dos terrenos envolventes aos casos de estudo	106
A5 – Enquadramento na carta militar caso de estudo Azenha Nova	107
A6 – Unidades de OI a implementar nos casos de estudo.....	107
A7 – CE da permuta iónica na Azenha Nova	108
A8 - CE da permuta iónica no Álamo.....	109
A9 - CE da permuta iónica no Olival.....	110
A10 - CE da osmose inversa na Azenha Nova	111
A11 - CE da osmose inversa no Álamo	111
A12 - CE da osmose inversa no Olival	112
A13 - População residente no concelho de Estremoz.....	113

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Índices da vulnerabilidade à poluição de captações de abastecimento público de Estremoz.....	15
Tabela 2 - Delimitação dos perímetros de proteção de captações de abastecimento público de Estremoz.....	16
Tabela 3 - Captações de cada zona de abastecimento do município de Estremoz	38
Tabela 4 - Características das captações subterrâneas da zona de abastecimento de Veiros	39
Tabela 5 - Características das condutas das zonas de abastecimento de Veiros	39
Tabela 6 - Características das captações subterrâneas da zona de abastecimento de São Bento do Ameixial.....	41
Tabela 7 - Características das condutas das zonas de abastecimento de São Bento do Ameixial ..	41
Tabela 8 - Características das captações subterrâneas da zona de abastecimento de São Lourenço de Mamporção	43
Tabela 9 - Características das condutas das zonas de abastecimento de São Lourenço de Mamporção.....	43
Tabela 10 - Características das captações subterrâneas da zona de abastecimento de Estremoz ..	46
Tabela 11 - Características dos reservatórios da zona de abastecimento de Estremoz	46
Tabela 12 - Características das condutas da zona de abastecimento de Estremoz.....	47
Tabela 13 - Características das captações da zona de abastecimento de Évora-Monte	49
Tabela 14 - Características das condutas da zona de abastecimento de Évora-Monte.....	49
Tabela 15 - Características das captações de Santa Vitoria do Ameixial	51
Tabela 16 - Características das condutas das zonas de abastecimento de Santa Vitoria do Ameixial	51
Tabela 17 - Características das condutas da zona de abastecimento de São Bento do Cortiço.....	52
Tabela 18 - Características da captação Glória	53
Tabela 19 - Características das condutas da zona de abastecimento da Glória	53
Tabela 20 - Características das captações da zona de abastecimento dos Arcos.....	55
Tabela 21 - Características das condutas da zona de abastecimento dos Arcos	55
Tabela 22 - Características das condutas da zona de abastecimento de Santo Estevão	56
Tabela 23 – Análises realizadas, em março, abril e junho de 2013, às captações selecionadas para casos de estudo	57
Tabela 24 - Características da captação Azenha Nova.....	58
Tabela 25 -Características da captação Álamo.....	61
Tabela 26 - Características da captação Olival	64
Tabela 27 - Concentração de nitratos na Azenha Nova em anos não consecutivos.....	67
Tabela 28 - Concentração de nitrato na água do Álamo e Precipitação em Estremoz, durante 12 anos não consecutivos	68
Tabela 29 - Concentração de nitrato na água do Olival e Precipitação em Estremoz, entre 2007 e 2010.....	74

Tabela 30 - Equipamentos e características da Pré-oxidação e Filtração na Azenha Nova	82
Tabela 31 – Equipamentos e características do Pré-tratamento e Osmose Inversa na Azenha Nova	82
Tabela 32 – Custo-eficácia da permuta iónica e da osmose inversa na Azenha Nova	83
Tabela 33 - Equipamentos e características da Pré-oxidação e Filtração no Álamo.....	86
Tabela 34- Equipamentos e características do Pré-tratamento e Osmose Inversa no Álamo.....	86
Tabela 35 - Custo-eficácia da permuta iónica e da osmose inversa no Álamo	88
Tabela 36 Equipamentos e características da Pré-oxidação e Filtração no Olival	90
Tabela 37 Equipamentos e características do Pré-tratamento e Osmose Inversa no Olival	90
Tabela 38 - Custo-eficácia da permuta iónica e da osmose inversa no Olival	91
Tabela 39 - Tecnologia mais adequada para cada caso de estudo	92
Tabela 40 – Concentração de nitratos na zona de abastecimento de Veiros no período de 2006 a 2011.....	99
Tabela 41 - Concentração de nitratos na zona de abastecimento de São Bento do Ameixial no período de 2007 a 2011	99
Tabela 42 - Concentração de nitratos na zona de abastecimento de São Lourenço de Mamporcão no período de 2007 a 2012	100
Tabela 43 --Concentração de nitratos na zona de abastecimento do Monte das Janelas no período de 2008 a 2010.....	100
Tabela 44 - Concentração de nitratos na zona de abastecimento de Estremoz no período de 2008 a 2011.....	101
Tabela 45 - Concentração de nitratos na zona de abastecimento de Évora-Monte no período de 2008 a 2011	102
Tabela 46 - Concentração de nitratos na zona de abastecimento de Santa Vitoria do Ameixial no período de 2008 a 2011	102
Tabela 47 - Concentração de nitratos na zona de abastecimento de São Bento do Cortiço no período de 2008 a 2011	103
Tabela 48 - Concentração de nitratos na zona de abastecimento da Gloria no período de 2007 a 2011.....	103
Tabela 49 - Concentração de nitratos na zona de abastecimento da Venda da Porca no período de 2007 a 2011	104
Tabela 50 - Concentração de nitratos na zona de abastecimento da Venda da Porca no período de 2007 a 2011.....	104
Tabela 51 – Análises de concentração e nitrato nas origens do município	104
Tabela 52 – Cálculos auxiliares para a classificação geoquímica da água da Azenha Nova	106
Tabela 53 – Dados relativos ao plano de adubação dos terrenos envolventes à Azenha Nova	106
Tabela 54 - Dados relativos ao plano de adubação dos terrenos envolventes ao Álamo	106
Tabela 55 – Dados e resultados do dimensionamento da permuta iónica para a Azenha Nova ...	108
Tabela 56 - Dados e resultados do dimensionamento da permuta iónica para o Álamo.....	109
Tabela 57 - Dados e resultados do dimensionamento da permuta iónica para o Olival	110
Tabela 58 - Dados e resultados do dimensionamento da osmose inversa para a Azenha Nova....	111
Tabela 59 - Características técnicas da unidade de osmose inversa da Azenha Nova	111

Tabela 60 - Dados e resultados do dimensionamento da osmose inversa para o Álamo	111
Tabela 61 - Características técnicas da unidade de osmose inversa do Álamo	111
Tabela 62 - Dados e resultados do dimensionamento da osmose inversa para o Olival.....	112
Tabela 63 - Características técnicas da unidade de osmose inversa no Olival	112

Lista de Figuras

Figura 1 - Ciclo do Azoto, adaptado (An Agenda for Agriculture, 1993)	8
Figura 2 - As trajetórias do ciclo do azoto agrícola (Comissão Europeia, 2000)	11
Figura 3 - Fluxo na zona de infiltração, extraído (Fiúza, 2009)	12
Figura 4 - Deslocamento preferencial em meios fraturados, adaptado (Fiúza, 2009)	12
Figura 5 - Enquadramento geográfico do Anticlinal de Estremoz Cano, adaptado (Lopes, et al., 2008)	27
Figura 6 - Sentido preferencial do fluxo da água subterrânea no aquífero Estremoz-Cano, extraído (Midões, 2009)	30
Figura 7 - Fraturas a céu aberto pela exploração de mármore em Estremoz, extraído (Midões, 2009)	30
Figura 8 - Enquadramento geográfico da Bacia do Tejo, adaptada (ARH de Tejo I.P., 2011)	32
Figura 9 - Classificação do estado das massas de água da Sub-bacia Rio Sorradia, extraída (ARH de Tejo I.P., 2011).....	33
Figura 10 - Excedência de nitratos nas massas de água subterrânea, adaptado (ARH de Tejo I.P., 2011)	34
Figura 11 – Sistema de abastecimento de água de Estremoz. Aquífero Estremoz-Cano. Fonte: (Departamento de SIG da Câmara Municipal de Estremoz, 2013)	37
Figura 12 - Litologia e geometria da captação Guardaria, extraído (APA, I.P., 2013)	40
Figura 13 - Terrenos envolventes à captação Guardaria, adaptado (Google Mapas, 2013)	40
Figura 14 - Litologia e geometria da captação Guardaria, extraído (APA, I.P., 2013)	42
Figura 15 - Terrenos envolventes à captação São Bento do ameixial, adaptado (APA, I.P., 2013) ..	42
Figura 16 - Litologia e geometria da captação São Lourenço, extraído (APA, I.P., 2013)	44
Figura 17 - Terrenos envolventes à captação São Lourenço, adaptado (Google Mapas, 2013)	44
Figura 18 - Terrenos envolventes à captação Monte das Janelas, adaptado (Google Mapas, 2013)	45
Figura 19 - Terrenos envolventes às captações Techocas, adaptado (Google Mapas, 2013)	47
Figura 20 - Litologia e geometria da captação JK2, (APA, I.P., 2013) Figura 21 - Litologia e geometria da captação JK4, (APA, I.P., 2013)	48
Figura 22 - Litologia e geometria da captação PS8, (APA, I.P., 2013) Figura 23 - Litologia e geometria da captação JK3, (APA, I.P., 2013)	48
Figura 24 - Litologia e geometria da captação Avelada, (APA, I.P., 2013) Figura 25 - Litologia e geometria da captação Gerador, (APA, I.P., 2013)	50
Figura 26 - Terrenos envolventes às captações da zona de Évora-Monte, adaptado (Google Mapas, 2013)	50
Figura 27 - Terrenos envolventes à captação da Granja, adaptado (Google Mapas, 2013)	51

Figura 28 - Terrenos envolventes à captação de São Bento do Cortiço, adaptado (Google Mapas, 2013)	52
Figura 29 - Terrenos envolventes à captação Glória, adaptado (Google Mapas, 2013).....	53
Figura 30 - Terrenos envolventes às captações da zona de abastecimento dos Arcos, adaptado (Google Mapas, 2013)	54
Figura 32 - Litologia da captação Venda da Porca, (APA, I.P., 2013)	55
Figura 31 - Terrenos envolventes à captação Venda da Porca, adaptado (Google Mapas, 2013) ...	55
Figura 33 - Terrenos envolventes às captações da zona de abastecimento de Santo Estevão, (Google Mapas, 2013)	57
Figura 34 - Enquadramento litológico da captação á escala de 1:50 000 (Carta Geológica de Portugal, 36-B Estremoz, 1972).....	58
Figura 35 – Enquadramento Geográfico da Azenha Nova, adaptado (Midões, 2009)	59
Figura 36 - Terrenos envolventes à captações Azenha Nova, adaptado (Google Mapas, 2013).....	59
Figura 37 - Litologia e geometria da captação Álamo, (APA, I.P., 2013)	61
Figura 38 - Enquadramento Geográfico do Álamo, adaptado (Midões, 2009).....	62
Figura 39 - Terrenos envolventes à captações Álamo, adaptado (Google Mapas, 2013).....	62
Figura 40 - Perfil litológico e geometria da captação Olival.....	64
Figura 41 - Enquadramento Geográfico do Olival, adaptado (Midões, 2009)	65
Figura 42 - Terrenos envolventes à captações Olival, adaptado (Google Mapas, 2013).....	65
Figura 43 – Esquema da tecnologia instalada na Azenha Nova, a permuta iónica.....	81
Figura 44 - Esquema da implementação da permuta iónica no Álamo, adaptado de (Tecnilab Portugal, SA, 2009)	85
Figura 45 – Representação esquemática do processo de permuta iónica no Olival, adaptado de (Tecnilab Portugal, SA, 2009)	89
Figura 46 - Tipologia da água da Azenha Nova deduzida de um diagrama triangular de Piper	105
Figura 47 - Enquadramento da captação Azenha Nova na carta militar, adaptado (IGEO, 2013)..	107
Figura 48 – Unidade de Osmose Inversa para Azenha Nova e Olival Figura 49 – Unidade de Osmose Inversa a implementar no Álamo	107
Figura 50 – Densidade populacional no Município de Estremoz, extraído (Departamento de SIG da Câmara Municipal de Estremoz, 2013)	113

Lista de Gráficos

Gráfico 1 - Concentração nitrato na Azenha Nova em 2000 Estação de Vila Viçosa em 2000	Gráfico 2 - Precipitação na Estação de Vila Viçosa em 2000
Gráfico 3 - Concentração nitrato na Azenha Nova em 2013.....	67
Gráfico 4 – Concentração nitrato no Álamo em 1993 Estremoz em 1992/93	Gráfico 5 – Precipitação na estação de Estremoz em 1992/93
69	69
Gráfico 6 - Concentração nitrato no Álamo em 2001 Estremoz em 2000.....	Gráfico 7 - Precipitação na estação de Estremoz em 2000.....
69	69
Gráfico 8 - Concentração nitrato no Álamo em 2002 estação de Estremoz em 2001/02.....	Gráfico 9 - Precipitação na estação de Estremoz em 2001/02.....
70	70
Gráfico 10 - Concentração nitrato no Álamo em 2003 estação de Estremoz em 2002/03.....	Gráfico 11 - Precipitação na estação de Estremoz em 2002/03.....
70	70
Gráfico 12 - Concentração nitrato no Álamo em 2004 de Estremoz em 2003/04	Gráfico 13 - Precipitação na estação de Estremoz em 2003/04
71	71
Gráfico 14 - Concentração nitrato no Álamo em 2005 Estremoz em 2004/05	Gráfico 15 - Precipitação na estação de Estremoz em 2004/05
71	71
Gráfico 16 - Concentração nitrato no Álamo em 2006 Estremoz em 2005/06	Gráfico 17 - Precipitação na estação de Estremoz em 2005/06
71	71
Gráfico 18 -- Concentração nitrato no Álamo em 2007 estação de Estremoz em 2006/07.....	Gráfico 19 - Precipitação na estação de Estremoz em 2006/07.....
72	72
Gráfico 20 - Concentração nitrato no Álamo em 2008 estação de Estremoz em 2007/08.....	Gráfico 21 - Precipitação na estação de Estremoz em 2007/08.....
72	72
Gráfico 22 - Concentração nitrato no Álamo em 2009 Estremoz em 2008/09	Gráfico 23 - Precipitação na estação de Estremoz em 2008/09
73	73
Gráfico 24 - Concentração nitrato no Álamo em 2010 Estremoz em 2009/10	Gráfico 25 - Precipitação na estação de Estremoz em 2009/10
73	73
Gráfico 26 - Concentração nitrato nos Arcos em 2007 de Estremoz em 2006/07.....	Gráfico 27 - Precipitação na estação de Estremoz em 2006/07.....
75	75
Gráfico 28 - Concentração nitrato nos Arcos em 2008 estação de Estremoz em 2007/08.....	Gráfico 29 - Precipitação na estação de Estremoz em 2007/08.....
75	75
Gráfico 30 - Concentração nitrato nos Arcos em 2009 Estremoz em 2008/09	Gráfico 31 - Precipitação na estação de Estremoz em 2008/09
76	76
Gráfico 32 - Concentração nitrato nos Arcos em 2010 Estremoz em 2009/10	Gráfico 33 - Precipitação na estação de Estremoz em 2009/10
76	76

Símbolos e abreviaturas

APA – Agência Portuguesa do Ambiente

SNIRH – Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos

MA – Massa de Água

CBPA – Código de Boas Práticas Agrícolas

ETAR – Estação Tratamento de Águas Residuais

ERSAR – Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos

EPA – *Environmental Protection Agency*

ZOM – Zona Ossa Morena

DQA – Diretiva Quadro-Água

OI – Osmose Inversa

CE – Custo-Eficácia

PGRH-Tejo – Planos de Gestão das Regiões Hidrográficas do Tejo

DRAP do Alentejo - Direção Regional de Agricultura e Pescas do Alentejo

RH5 – Região Hidrográfica 5

ZV – Zona Vulnerável

Epígrafe

“Perdeu-se a consciência do ciclo da água: a água não é mais do que qualquer coisa, quase gratuita, que não valorizamos, chega-nos pela torneira e escoá-se pelo ralo. Para o cidadão comum isto é a água.”

“Os recursos disponíveis quase nunca coincidem com as zonas de consumo. Este facto conduz a custos elevados de transporte de água a que sempre estão associadas insustentáveis taxas de perda.”

(Cupeto, et al., 2010)

1 Introdução

O concelho de Estremoz pertence ao distrito de Évora e tem aproximadamente 15.000 habitantes (Instituto Nacional de Estatística), distribuídos por 13 freguesias que no total perfazem uma área de 514 Km². A ocupação do solo é predominantemente rural, sendo o sequeiro, a vinha, os cereais e o montado de sobro e de azinho, as mais significativas. Contudo a vinha tem vindo a substituir a cultura dos cereais, contando-se em Estremoz cerca de vinte adegas. (Câmara Municipal de Estremoz, 2013)

A distribuição, captação, tratamento e adução de água potável, segue deste sempre e até hoje um modelo de gestão, através da prestação direta dos serviços municipais. Contudo, existe um acordo com as Águas do Centro Alentejo, S.A. para os serviços serem delegados nesta empresa pública e concessionária do Sistema Multimunicipal do Centro Alentejo e integrante do Grupo Águas de Portugal, sgps. Contudo e posteriormente, este compromisso não foi desenvolvido, encontrando-se a situação num impasse.

A nível mundial (Ribeiro, et al., 2010): as águas subterrâneas representam mais de 95% das reservas exploráveis de água doce, sendo que mais de metade da população depende do abastecimento desta. Relativamente a Estremoz, o recurso hídrico imprescindível para a existência de vida encontra-se armazenado no aquífero designado Estremoz-Cano. Assim o estudo da sua proteção torna-se relevante e essencial para a sustentabilidade do sistema de abastecimento.

De acordo com (Midões, et al., 2010) e (ARH do Tejo, I.P. Departamento de recursos hídricos interiores, 2010), a poluição azotada no aquífero Estremoz-Cano, indica a necessidade de se enquadrar a contaminação de captações do sistema aquífero com a hidrologia e o uso do solo. A identificação e a presença problemática do ião nitrato em algumas captações que servem para abastecimento público, realça a importância da realização de uma análise de potenciais focos de contaminação - como as explorações agrícolas, as fossas sépticas e as descargas diretas de efluentes domésticos, com a concentração do contaminante na água extraída para consumo.

As medidas preventivas e corretivas são técnicas de controlo da contaminação por nitrato, segundo (Ferreira, et al., 1994). Neste trabalho realiza-se, a partir de uma análise de sensibilidade,

do uso do solo e da ferramenta custo-eficácia, o estudo de três captações com excesso de nitrato. Sendo que esse estudo tem como objetivo enumerarem-se algumas medidas preventivas e identificarem-se as corretivas.

A partir da análise de sensibilidade, verifica-se o tipo de influência da precipitação na variação da concentração de nitratos na água, que pode ser por lixiviação ou diluição. Mediante as conclusões da análise, podem estimar-se potenciais fontes de poluição e recomendar-se medidas preventivas. Das tecnologias comercializadas atualmente, para remoção de nitratos, escolhem-se pelo menos duas, calcula-se o custo-eficácia para cada uma e opta-se pela que apresentar maior redução de poluente a menor custo anual. A partir dessa análise é sugerida a medida corretiva a implementar. Sendo que mais vale prevenir que corrigir, as medidas de prevenção evitam o que no futuro pode ser incorrigível, a falta de água potável.

Esta região é abastecida totalmente pela água subterrânea, para satisfação das necessidades de abastecimento público e económicas, como é o caso da agropecuária muito representativa no consumo de água, tal como a atividade da extração e transformação do mármore, (ERHSA, 2000). Assim a sobre-exploração dessa água, a poluição pontual e difusa a que é sujeita e os impactos de épocas de escassez de água, condicionam a sustentabilidade hídrica desta região. A tendência em épocas de escassez de água é de executarem-se mais captações, e realizar-se o aprofundamento das já existentes, sendo que estas ações trazem consequências negativas, como o aumento da vulnerabilidade da captação à poluição.

Quando ocorrem problemas, de escassez de água, é comum esquecer-se que a sua qualidade está associada ao seu consumo e à sua utilização. Em estados de seca emergentes, não interessa ter água com quantidade se esta não tiver qualidade. Uma gestão localizada, por vezes ignora que a quantidade de água é limitada e que as decisões humanas intervenientes no ciclo hidrológico devem ser as mais corretas, adequadas e integradas.

A inversão dessa situação deve começar por adaptar o contexto sociocultural da região a uma gestão integrada dos seus recursos hídricos. As atividades económicas da mesma devem ser rigorosamente contabilizadas nos usos da água subterrânea, e deve ser evitada a prática comum da captação subterrânea para uso privativo. Só com uma gestão consciente da água é que se garante o seu uso sustentável, ou seja, a presença da mesma no futuro em qualidade e quantidade.

1.2 Objetivos

A escolha do conteúdo referido para um trabalho de dissertação, surgiu quando se verificou a dificuldade da entidade gestora do sistema de abastecimento de água ao concelho de Estremoz, em manter a concentração do ião nitrato dentro do limite legislado. A água, pontualmente é fornecida ao consumidor com teores de nitratos em excesso. Assim, como a área de abastecimento de água em causa recebe, maioritariamente, água captada no aquífero Estremoz-Cano, foi desenvolvida uma metodologia de modo a identificar a causa da poluição e apresentar possíveis soluções para resolução do problema.

Assim, podem sintetizar-se os objetivos específicos da presente dissertação como sendo os seguintes:

- ✓ Análise da necessidade de remoção do nitrato das águas captadas no Aquífero Estremoz-cano e que servem para o abastecimento de água ao concelho, caracterizando as zonas de abastecimento e as suas origens;
- ✓ Identificar as fontes de poluição e enumerar medidas preventivas e corretivas para os casos de estudo de modo a minimizar a contaminação;
- ✓ Relacionar as fontes de poluição com a evolução temporal da concentração de nitratos nos pontos de captação considerados com uma análise de sensibilidade precipitação, concentração;
- ✓ Enumerar, para os casos de estudo, as tecnologias de tratamento mais adequadas e apresentar a que melhor se adapta, baseando-se a escolha no valor do custo-eficácia;

1.3 Planeamento da Dissertação

A dissertação encontra-se dividida em 5 capítulos, sendo o presente relativo à apresentação do problema e ao modo como se pretende desenvolver o seu estudo. O Capítulo 1, é composto pela revisão bibliográfica e pelo enquadramento legal, para no Capítulo 2 focar-se a questão do comportamento dos nitratos na natureza. No Capítulo 3 é descrita, a hidrogeologia do Aquífero Estremoz-Cano. No capítulo 4 realiza-se uma caracterização das zonas de abastecimento de água do Município, realçando-se três casos de captações poluídas, aplica-se aos mesmos a análise de sensibilidade precipitação, concentração e conclui-se sobre as suas potenciais fontes de poluição. No capítulo 5, justifica-se a opção pela tecnologia de tratamento que se propõe adotar para os casos de estudo, através de uma análise baseada em custos e eficácia, concluindo-se sobre essa aplicação. Recomendações futuras realizam-se na última parte do trabalho, capítulo 6.

2 Revisão Bibliográfica e Enquadramento Legal

O presente capítulo é desenvolvido com base em trabalhos realizados anteriormente e na legislação referente aos recursos hídricos na presente vertente, com fundamental incidência nos casos de presença e influência de nitratos na água utilizada para fins de consumo. O fundamento principal deste capítulo é a tomada de conhecimento do que já foi realizado relativamente ao tema por outros investigadores, para o indispensável apoio no desenvolvimento da dissertação de modo a ser possível o alcance dos objetivos propostos.

2.1 Revisão bibliográfica

2.1.1 Qualidade da Água

A água para ser considerada potável tem de satisfazer, entre outros, determinados parâmetros microbiológicos, físicos-químicos (World Health Organization, 2008), controlados temporalmente conforme os limites legalmente preconizados e controlados através de análises periódicas. Contudo, o estabelecimento desses parâmetros não é estanque, devido, por exemplo, ao desenvolvimento industrial, a novas descobertas no âmbito da saúde e ao aparecimento de novos tipos de poluição, como é caso, bem atual, dos poluentes emergentes (FEUP - Engenharia num minuto, 2012).

Para se alcançar a qualidade bacteriológica da água potável, a remoção de microrganismos torna-se um procedimento essencial para a segurança na qualidade da água. A etapa da desinfecção, com oxidantes químicos (Chia-Yau, 2011): como o cloro (mais facilmente controlado), hipoclorito, ozono, dióxido de cloro, peróxido de hidrogénio, permanganato de potássio, iodo e bromo é indispensável no tratamento da água para abastecimento público. Contudo a desinfecção não é um processo eficaz contra todos os microrganismos patogénicos como *-Cryptosporidium* e alguns vírus mais específicos são resistentes à desinfecção por cloro (World Health Organization, 2008).

Relativamente às substâncias químicas dissolvidas na água os efeitos na saúde diferem dos microbiológicos sendo que a contaminação química tem mais efeito após períodos prolongados de exposição. No entanto, certas substâncias químicas podem, com uma só exposição, causar danos a nível da saúde. Segundo a (World Health Organization, 2008) nos casos onde a contaminação a curto espaço de tempo não conduz a problemas de saúde imediatos, considera-se como solução preferencial encontrar a fonte de poluição e proceder-se a medidas preventivas na fonte

eliminando a entrada de contaminante, em vez de se recorrer a instalações dispendiosas para remover o contaminante da água, ou seja, a melhor gestão do problema em causa será a que encontra o problema e o resolve na origem eliminando assim, a ocorrência da contaminação

2.1.2 A Influência dos Nitratos na Saúde

As principais fontes de ingestão de nitratos ocorrem segundo (Ferreira, et al., 1994): pela ingestão de carne curada, de vegetais e da água contaminada, sendo o consumo de vegetais a principal. Contudo, o mesmo é naturalmente expelido pelo organismo humano maioritariamente pelas fezes e em menor percentagem pela urina.

O ião nitrato em si e quando presente no organismo humano, não é tóxico (Ferreira, et al., 1994). O mesmo não se poderá dizer de um seu derivado – o ião nitrito, o causador dos problemas na saúde. De acordo com a (World Health Organization, 2008) 25% da quantidade total de nitrato ingerido pelo Homem é na boca convertida em nitrito, pelas bactérias da saliva. Contudo, em pessoas que têm doenças do foro gastrointestinal, ou seja, doenças de acidez gástrica, a conversão do nitrato a nitrito também ocorre no estômago, aumentando os riscos na saúde.

A presença do nitrito residual no corpo humano, devido à ingestão de grandes concentrações de nitrato, pode causar meta-hemoglobinémia (methb) e/ou o síndrome do “bêbé azul” (as crianças com menos de 6 meses de idade têm a tendência para ter um fluido gástrico que favorece um ambiente redutor), uma doença causada pela reação do nitrito com os glóbulos vermelhos que impede o transporte de oxigénio, conduzindo, em certos casos, à morte. (Ferreira, et al., 1994)

De acordo com (Ferreira, et al., 1994) os níveis normais de metHb no Homem são de 1% para os adultos e 2% para as crianças. Se o valor for superior a 3% é considerada a doença meta-hemoglobinémia, sendo os sintomas a cefaleia, a astenia, a dispneia, a taquicardia e vômitos, podendo ocorrer a coma com níveis superiores a 40%.

Os casos existentes da doença têm maioritariamente origem em poços privados quando a água não apresenta qualquer tratamento (Ferreira, et al., 1994). Na doença infantil a causa mais comum é o elevado conteúdo de nitratos na água utilizada nos biberões, uma vez que, a prática de ferver a água utilizada no biberão aumenta a concentração dos nitratos devido à evaporação de uma percentagem de água. Quanto à possibilidade da ingestão de nitratos ser causadora de

doenças de tipo cancerígeno, pode justificar-se que tal risco ocorre devido à reação do nitrito com aminas, derivadas de alimentos e de outras fontes que formam nitrosaminas consideradas como cancerígenas. É de salientar, no entanto, que não existem evidências diretas dos nitratos surtirem este efeito. Por fim, segundo a (World Health Organization, 2008) que se forem inseridos na dieta antioxidantes, ácido ascórbico e chá verde, estes podem baixar a formação de N-nitrosaminas endógenas e reduzir o potencial risco cancerígeno.

2.1.3 Ciclo do Azoto

O ciclo do azoto compreende as reações naturais e as consequências das atividades antropogénicas (introduzidas pelo Homem para satisfazer as suas necessidades). Sendo que as atividades do Homem alcançaram grandes dimensões após a revolução industrial, como a produção do amoníaco que serve de fertilizante para aumentar a produção prevista.

A grande parte do azoto atmosférico não é utilizada pelos seres vivos, pois a maioria não consegue quebrar a ligação tripla covalente do azoto. O azoto gasoso é fixado no solo por bactérias do tipo *Azotobacter*, *Clostridium* e *Rhizobium* enquanto na água é captado por cianobactérias, segundo (FEUP - Reatores Biológicos, 2012). Assim ocorre a fixação do azoto por duas vias a biológica e a físico-química e/ou industrial. A fixação biológica, segundo (Ferreira, et al., 1994) consiste na conversão do azoto atmosférico para a forma orgânica (ureia) pela ação dos microrganismos referidos anteriormente. A físico-química e ou industrial, segundo (Ferreira, et al., 1994), consiste respetivamente nas reações fotoquímicas (ozono e azoto fotoquímico) segundo e a produção industrial do amoníaco e ácido nítrico.

De acordo com (An Agenda for Agriculture, 1993), a matéria orgânica do solo é constituída por plantas, tecidos de animais em decomposição e os complexos compostos orgânicos que formam o húmus do solo. O azoto tem uma importância relevante na constituição da matéria orgânica do solo.

No ciclo do azoto para ocorrer a assimilação do nitrato e dos compostos amoníacos pelas plantas, o azoto necessita de estar presente no solo nesse estado, então o processo de mineralização do azoto orgânico que ocorre em duas etapas (Ferreira, et al., 1994): amonificação e nitrificação que acontecem para que as plantas possam absorver os compostos azotados e os transformarem em aminoácidos essenciais à sua sobrevivência.

Segundo a análise da figura 1, onde constam os processos do ciclo do azoto, segue-se uma linha condutora dos fenómenos naturais e antropogénicos intervenientes no ciclo. O azoto encontra-se na composição da atmosfera, é fixado biologicamente pelas plantas e transformado em azoto orgânico no solo, e fixado industrialmente a partir da indústria produtora de amoníaco. Em resumo, o azoto orgânico entra no ciclo é mineralizado e imobilizado para absorção das culturas e desnitrificado para voltar á atmosfera.

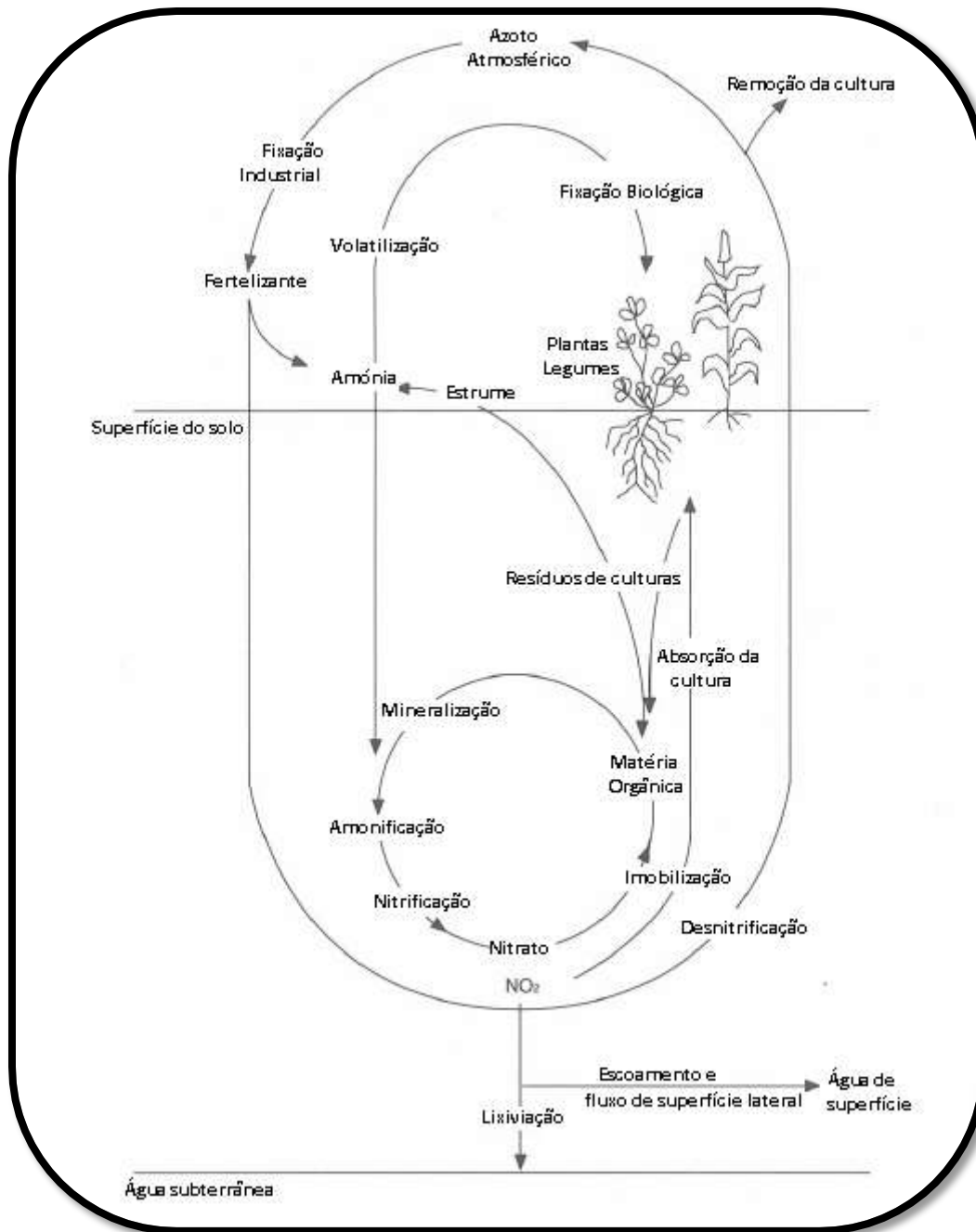


Figura 1 - Ciclo do Azoto, adaptado (An Agenda for Agriculture, 1993)

Na etapa da amonificação o azoto orgânico presente no solo é transformado pela ação de microrganismos em amónia (NH_4^+) que quando presente na água a determinadas temperaturas e/ou pH mais elevados torna-se tóxico, contudo no processo de assimilação do azoto pelas plantas é importante e necessário, de acordo com (FEUP - Reatores Biológicos, 2012).

Na etapa de nitrificação ocorre a reação de transformação do ião amónia em nitrito e depois em nitrato o maior estado de oxidação do azoto, sendo este composto facilmente absorvido pelas raízes das plantas. Segundo (FEUP - Reatores Biológicos, 2012) nitrificação é executada por determinadas bactérias autotróficas, e é um processo que necessita de grandes quantidades de oxigénio para ocorrer, acidifica o meio e liberta energia. Uma parte do nitrato no solo é consumida pelas culturas e a restante circula pelo solo por lixiviação, chegando assim aos aquíferos. De acordo com (Ferreira, et al., 1994) a quantidade de nitrato produzida depende da natureza da matéria orgânica, da temperatura do solo, da humidade e da disponibilidade de carbono e de oxigénio no solo.

Como é um ciclo, o azoto regressa á natureza por processos de desnitrificação, segundo (Ferreira, et al., 1994) mediados desta vez por microrganismos heterotróficos em ambientes anóxicos ou anaeróbios e com disponibilidade de carbono, o nitrato é reduzido a nitrito a óxido nítrico e finalmente em azoto, devolvido ao ambiente atmosférico. Os processos de mineralização, nitrificação, imobilização e desnitrificação são processos interativos através do qual uma molécula de azoto pode se mover e transformar várias vezes, de acordo com (An Agenda for Agriculture, 1993).

O estudo do ciclo do azoto é importantíssimo para a compreensão da interação Homem Natureza. Com o devido conhecimento das consequências negativas das ações antropogénicas ligadas à fertilização e à indústria, conclui-se que existe urgência na mudança das atitudes dessas entidades. Os fenómenos naturais do ciclo são vitais à sobrevivência das culturas mas só com a utilização das quantidades necessárias de azoto inicial é que o risco de poluição pode ser minimizado, se a quantidade de azoto que entra no ciclo apresenta porções desmedidas devido á ação do Homem o balanço final mostra um desequilíbrio evidente de poucos compostos azotados absorvidos pelas plantas para muitos derivados de compostos azotados percolados para as águas subterrâneas.

2.1.4 Poluição Causada por Nitratos

Relativamente aos focos de poluição de acordo com (Ferreira, et al., 1994), estes podem ser fontes pontuais - se estão localizados em zonas de pequena extensão, e difusas quando há muitos focos de contaminação, sendo que nestes últimos casos, é mais difícil encontrar a fonte de contaminação. Segundo (World Health Organization, 2008) o ião nitrato faz parte do ciclo de azoto e encontra-se em diferentes concentrações nas plantas, o nitrito encontra-se em menor quantidade por ser a forma instável do composto, o nitrato chega às águas subterrâneas pela utilização excessiva de fertilizantes nitrogenados inorgânicos e compostos orgânicos usados na agricultura.

A poluição antropogénica de nitrato, ou seja, o nitrato produzido pela atividade humana e que chega às águas, ocorre quando nas ETAR ou nas indústrias, os efluentes do processo não apresentam os parâmetros adequados (Novo, 1994). Esta poluição pode ser caracterizada de doméstica e do tipo pontual. Contudo, segundo (Ferreira, et al., 1994) a maior fonte de poluição antropogénica deriva da percolação das águas de rega, em especial nas zonas de cultura intensiva de regadio, em resultado da grande adubagem, embora se torne difícil a identificação da fonte de poluição. Esta situação é comum no caso da poluição agrícola (sector pecuário e agrário) e pode ocorrer com um atraso de décadas até o contaminante na água atingir os recursos hídricos subterrâneos. Por falta de conhecimento técnico, os proprietários das explorações agrícolas utilizam na adubação dos seus terrenos, azoto em excesso. Segundo (Ferreira, et al., 1994) como o agricultor não tem a informação necessária para fazer previsões das taxas apropriadas de aplicação do fertilizante e o custo da fertilização excessiva é inferior ao da fertilização insuficiente, pois se for insuficiente a produção prevista (Kg/ha) diminui, o agricultor aplica em excesso azoto no solo. Contudo essa má gestão do adubo, faz com que o azoto aplicado no solo não seja totalmente absorvido pela planta, e seja arrastado até ao aquífero pelo movimento descendente da água da chuva ou da rega, na zona não saturada.

2.1.5 Nitratos na água subterrânea

Uma parte significativa do azoto que entra no ciclo é “desviado” para as águas superficiais e subterrâneas através (Comissão Europeia, 2000): do escoamento superficial, da lixiviação e das condições geológicas do subsolo. A parcela de azoto lixiviado corresponde à forma iónica do composto, nitrato (azoto muito solúvel), que chega ao fluxo subterrâneo pelas transferências entre a zona não saturada e saturada.

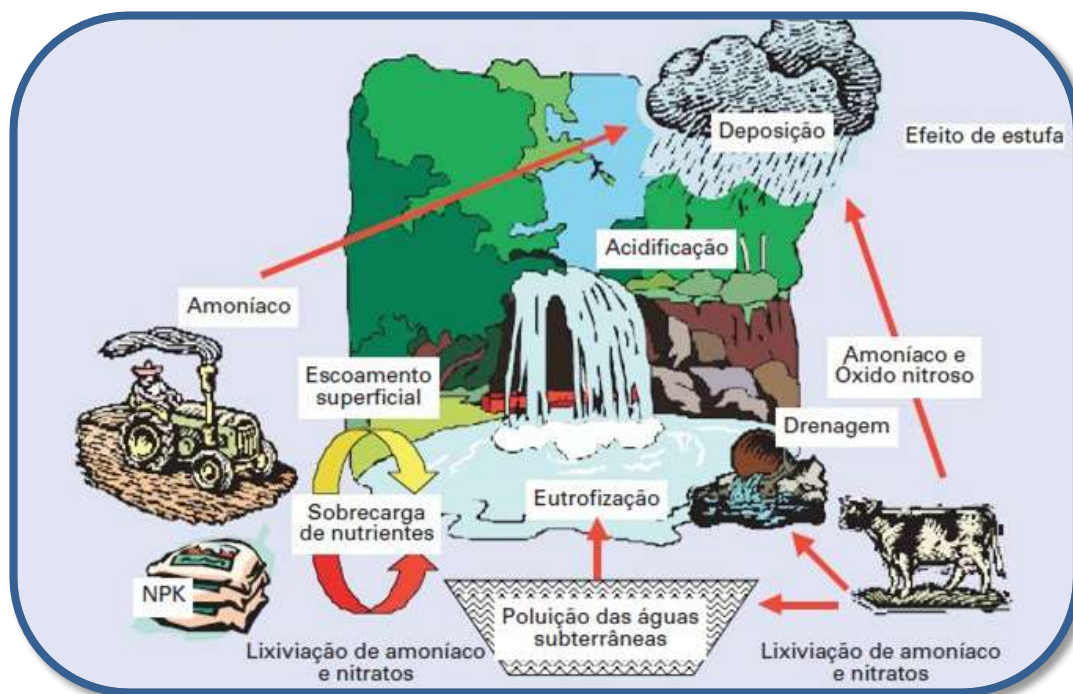


Figura 2 - As trajetórias do ciclo do azoto agrícola (Comissão Europeia, 2000)

Constata-se pela análise da figura 2, uma interação variada e dinâmica entre o nitrato no solo/ar/ água. De acordo com a Diretiva 91/676/CEE (Comissão Europeia, 2000), a parcela de azoto perdido (entre 50% e 80%) vai para os solos e é dispersa na água, os fertilizantes minerais introduzem diretamente o nitrato nas águas subterrâneas, através da lixiviação, sendo que a dimensão das consequências depende das condições do solo aquando da aplicação dos mesmos.

Os mecanismos que controlam a incorporação do ião na água subterrânea estão relacionados com as características das diferentes zonas que compõe o perfil do terreno (figura 3). De acordo com (Ferreira, et al., 1994), na zona radicular caracterizada pelas raízes das plantas, o excesso de nitrato (com elevada mobilidade) é arrastado por percolação para níveis inferiores do perfil, ou seja, para a zona não saturada, de fluxo descendente lento, que condiciona o tempo de

transferência até à zona saturada, onde as transferências de água e de contaminantes são essencialmente laterais e oblíquas.

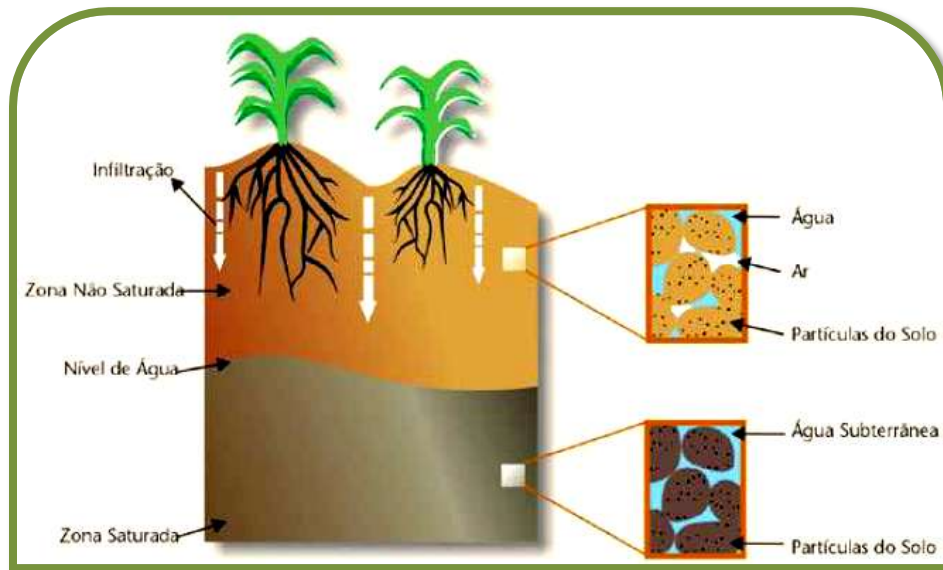


Figura 3 - Fluxo na zona de infiltração, extraído (Fiúza, 2009)

Segundo (Fiúza, 2009) o contaminante no subsolo segue os mecanismos de transporte do fluxo da água, por mecanismos de advecção, dispersão hidrodinâmica (espalhamento do contaminante em mais que uma direção) e de difusão molecular, para além desse transporte o destino do contaminante é afetado por processos de retardação que impedem o movimento do contaminante (imobilizando ou removendo) e por processos de atenuação (reduzindo).

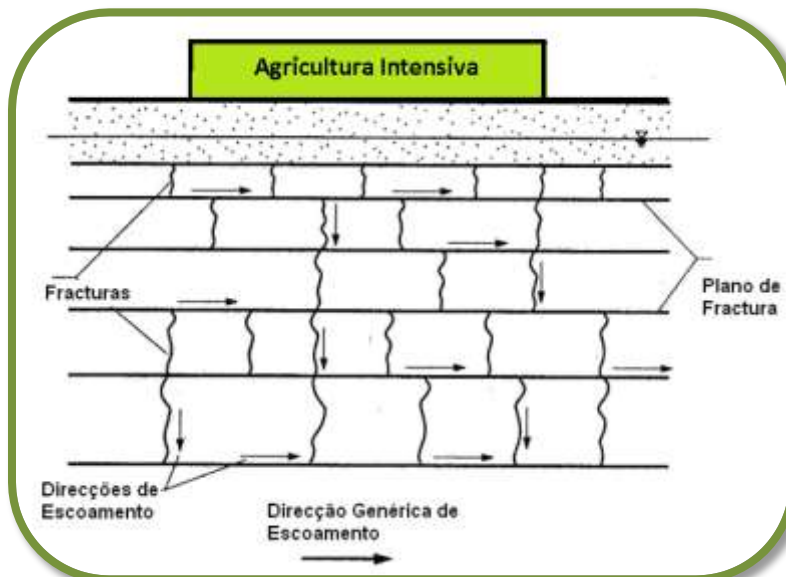


Figura 4 - Deslocamento preferencial em meios fraturados, adaptado (Fiúza, 2009)

Em ambientes fraturados o movimento da água é condicionado pelo plano de fraturas, como se verifica na figura 4, o transporte ocorre normalmente através das condutas hidráulicas e a direção do escoamento é consoante a posição das fraturas. (Fiúza, 2009)

A capacidade dos diversos materiais, em transmitir água origina um fluxo de água nas formações ou estratos permeáveis em detrimento dos não permeáveis. De acordo com (Fiúza, 2009) a condutividade hidráulica de solos mais impermeáveis de aproximadamente 10^{-9} cm/s, e dos solos permeáveis, como a gravilha limpa e homogênea, de 10^{-5} cm/s.

Nos climas semiáridos, como o da região em estudo, as transferências entre a zona não-saturada e saturada, ocorrem quando os níveis piezométricos rebaixam, durante a época seca (maior necessidade de rega) e recuperam na época húmida. Nessa altura a subida do nível piezométrico provoca a mistura das águas da zona não saturada com a saturada, sendo que essa mistura pode provocar um aumento nas concentrações de nitrato nas águas subterrâneas, após o período de recarga (Ferreira, et al., 1994).

De acordo com (Ferreira, et al., 1994), quando a água subterrânea é bombada excessivamente, e a captação está localizada em terrenos de agricultura intensiva, ocorrem em algumas situações, depressões piezométricas que podem dar lugar a que a água concentrada de nitratos penetre níveis mais profundos do perfil da formação, poluindo áreas subterrâneas que normalmente são de difícil contaminação.

2.1.6 Perímetros de Proteção

A vulnerabilidade de um aquífero à contaminação é função da acessibilidade dos contaminantes ao aquífero saturado de acordo com as suas características hidráulicas, da capacidade de atenuação dos estratos de cobertura do aquífero, ou seja do solo e da carga contaminante aplicada à superfície, segundo (Foster, et al., 2002). A vulnerabilidade pode ser definida em relação ao aquífero, recorrendo ao mapeamento da vulnerabilidade do aquífero ou em relação à captação e fontes de abastecimento de água. De acordo com (Foster, et al., 2002) em relação a esta última, importa considerar o tempo de percurso horizontal de um contaminante através do meio subterrâneo, desde o local da atividade emissora do poluente até ao ponto de extração de água na captação, a vulnerabilidade é assim tanto maior quanto menor for o tempo de percolação até à captação.

No ano de 2005, a empresa AQUAEPS, efetuou um estudo da vulnerabilidade à poluição, de algumas das captações subterrâneas que abastecem o Município de Estremoz. Contudo os casos de estudo abordados neste trabalho não fazem parte do estudo, anteriormente referido.

Com base em índices que consideram parâmetros hidrogeológicos, morfológicos e outras formas de parametrização das características dos aquíferos, apresentam-se em seguida breves descrições do método EPNA e dos índices GOD, AVI, DRASTIC.

Segundo (Ferreira, et al., 2009) os métodos e índices caracterizam-se da seguinte forma: o método (**EPNA**) associa a cada formação litológica/hidrogeológica uma classe de vulnerabilidade, sendo que as captações do estudo apresentado pertencem à classificação V7 de vulnerabilidade baixa; o índice de vulnerabilidade **GOD**, considera como o facto de as captações serem do tipo livre, semi-confinado, confinado, classe global do aquífero em termos do grau de consolidação e das características litológicas e a profundidade ao nível freático ou espessura ao teto do aquífero; o índice **AVI** desenvolveu o método para o mapeamento da proteção de águas subterrâneas, considerando a espessura e a condutividade hidráulica das camadas sobrejacentes ao aquífero; o índice **DRASTIC**, foi desenvolvido a partir dos seguintes pressupostos: o contaminante é introduzido à superfície do terreno é transportado verticalmente até ao aquífero pela água de infiltração e tem a mobilidade da água, este índice corresponde ao somatório dos indicadores profundidade do topo do aquífero, recarga do aquífero, material do aquífero, tipo de solo, topografia, da influência da zona vadosa (zona compreendida entre a superfície topográfica e a zona saturada) e a condutividade hidráulica do aquífero.

Na tabela 1, estão representados, para cada captação integrada no estudo, os valores dos índices aplicados e o tipo de vulnerabilidade a que correspondem.

Tabela 1 - Índices da vulnerabilidade à poluição de captações de abastecimento público de Estremoz

Vulnerabilidade à poluição					
Índices					
DRASTIC		GOD		AVI	EPPNA
Furo	Poluição	Pesticidas			
São Lourenço	97 (Baixa)	131 (Média baixa)	0,21 (Baixa)	4 (Baixa)	V7 (Baixa)
Guardaria	115 (Média Baixa)	159 (Média elevada)	0,30 (Baixa)	3,3 (Baixa)	V7 (Baixa)
Furo Granja	115 (Média Baixa)	154 (Média elevada)	0,30 (Baixa)	3,3 (Baixa)	V7 (Baixa)
Poço Granja	110 (Média baixa)	154 (Média elevada)	0,30 (Baixa)	3,3 (Baixa)	V7 (Baixa)
Venda da Porca	80 (Baixa)	94 (Baixa)	0,21 (Baixa)	4 (Baixa)	V7 (Baixa)
Azenha Nova	80 (Baixa)	94 (Baixa)	0,21 (Baixa)	4 (Baixa)	V7 (Baixa)
Monte do Pisão	80 (Baixa)	94 (Baixa)	0,21 (Baixa)	4 (Baixa)	V7 (Baixa)
Monte das Janelas	80 (Baixa)	94 (Baixa)	0,21 (Baixa)	4 (Baixa)	V7 (Baixa)
São Bento do Ameixial	80 (Baixa)	94 (Baixa)	0,21 (Baixa)	4 (Baixa)	V7 (Baixa)
Evora - Monte	94 (Baixa)	116 (Média baixa)	0,24 (Baixa)	3,9 (Baixa)	V7 (Baixa)
Velada	94 (Baixa)	106 (Média baixa)	0,24 (Baixa)	3,9 (Baixa)	V7 (Baixa)
Evora - Monte (Poço)	94 (Baixa)	116 (Média baixa)	0,24 (Baixa)	3,9 (Baixa)	V7 (Baixa)

Fonte: (AquaEPS, Lda, 2005)

Os perímetros de proteção de captações de águas subterrâneas, marcam a superfície envolvente - de uma ou mais captações subterrâneas destinadas ao abastecimento público, onde as atividades que possam alterar a qualidade da água subterrânea são limitadas, proibidas ou regulamentadas. De acordo com (Ferreira, et al., 2009) a zona de proteção imediata (próxima da captação, proibido qualquer tipo de atividade e/ou instalação), zona de proteção intermédia (envolve a anterior, função é proteger o aquífero contra a poluição microbiológica, deve permitir que sejam tomadas as medidas necessárias antes do poluente atingir a captação), zona de proteção alargada (proteger a captação da poluição de grande persistência, deve permitir um tempo de resposta para que seja encontrada uma fonte de água para consumo), zona de proteção especial (importante no caso de aquíferos cársicos/fraturados, delimita áreas fora do perímetro de proteção, mas com conexão hidráulica com a captação, as restrições são as da zona de proteção imediata).

Os critérios de delimitação dos perímetros de proteção são (Ferreira, et al., 2009): a distância ao centro da captação, o rebaixamento que ocorre da descida do nível piezométrico, o tempo de percurso que a água subterrânea demora a alcançar a captação. São baseados nas divisórias hidrogeológicas e na capacidade de assimilação que a secção do aquífero tem para imobilizar ou atenuar a concentração de poluentes que a atravessam.

As metodologias utilizadas no estudo realizado pela empresa AQUAEPS, foram o método analítico do raio fixo arbitrário (Ferreira, et al., 2009): que utiliza os critérios do tempo de propagação do poluente até á captação, ou o do rebaixamento do nível piezométrico e o método de wyssling (Ferreira, et al., 2009): que se baseia no cálculo da largura da zona de chamada de uma captação e na procura posterior do tempo de propagação desejado, sendo que não considera as heterogeneidades do aquífero

Na tabela 2, estão representados, para cada captação estudada, as delimitações dos perímetros de proteção correspondentes.

Tabela 2 - Delimitação dos perímetros de proteção de captações de abastecimento público de Estremoz

Delimitação dos perímetros de proteção						
Métodos						
Raio fixo (m)				Wyssling (m)		
Furo	Imediata	Intermedia	Alargada	Imediata	Intermedia	Alargada
JK3	8	55	464	8	55	464
JK2	9	62	522	9	62	522
PS8	3	20	167	3	20	167
PS1	5	35	296	5	35	296
Guardaria	2	12	98	2	12	98
Venda da Porca	2	14	115	2	14	115
Evora-Monte	1	9	78	1	9	78
Velada	2	12	97	2	12	97
Evora - Monte (Furo)	2	13	106	2	13	106

Fonte: (AquaEPS, Lda, 2005)

2.1.6 Código de Boas Práticas Agrícolas - CBPA

As condições ambientais favoráveis são importantes para haver produção em quantidade e qualidade nas culturas. A presença dos nutrientes no solo, em proporções equilibradas, condiciona essa gestão eficiente, sendo o objetivo a obtenção de uma agricultura sustentável, onde as técnicas garantem a presença dos nutrientes minerais nas culturas e ao mesmo tempo respeitam o equilíbrio do azoto no meio ambiente.

São variados os fertilizantes que contêm azoto e mediante o tipo de fertilizantes utilizado, assim o seu comportamento no solo também é diferente. Daí a importância de uma gestão eficiente que minimiza os impactos ambientais dessa utilização.

De acordo com o CBPA (Ministério da Agricultura do Desenvolvimento Rural e das Pescas, 1997) seguidamente enumeram-se alguns tipos de fertilizantes que se utilizam na agricultura: o adubo com azoto, sob a forma nítrica, é recomendado para a cobertura, uma vez que a mobilidade destes adubos no solo é elevada; os adubos com azoto na forma amoniacal têm um risco de perda de azoto por lixiviação menor, e são usualmente utilizados em adubações de fundo. Os adubos com azoto nítrico e amoniacal devem ser usados em adubações de pós emergência, em cobertura ou em faixas laterais; adubos com azoto ureico, depois da aplicação no solo necessitam de reagir com a enzima urease, para ser transformado em azoto amoniacal e, de seguida, com as nitrobactérias de modo a ser transformado em azoto nítrico, devido às perdas que ocorrem por volatilização do azoto este não deve ser colocado na superfície do solo para não reagir, uma vez que é um produto muito solúvel, com uma grande mobilidade no solo o risco de perdas por lixiviação é grande.

Segundo o CBPA (Ministério da Agricultura do Desenvolvimento Rural e das Pescas, 1997), em adubos com azoto na forma orgânica, como a farinha de resíduos de couro, o azoto encontra-se sob a forma de proteínas, ou seja, sob a forma de azoto orgânico. As proteínas são transformadas microbiologicamente em amónia e subsequentemente em nitratos e, consoante, o adubo, a estrutura da proteína varia e condiciona a mineralização no solo que pode ser maior ou menor. Por isso devem ser aplicados em adubações de fundo já que a reação pode durar semanas ou alguns meses. Contudo, em culturas de ciclo curto, só uma parte do azoto é absorvido sendo que o restante irá reagir para nitrato que fica sujeito a lixiviação. Segundo o CBPA (Ministério da Agricultura do Desenvolvimento Rural e das Pescas, 1997), dos corretivos orgânicos, onde a percentagem de azoto sob a forma orgânica difere com o grau de decomposição ou mineralização sofrida, referem-se os estrumes e chorumes, onde o azoto é fornecido à cultura durante um a três anos. As lamas de ETAR ou de fossas de efluente doméstico para serem usadas têm de cumprir condições de tratamento e parâmetros controlados consoante a sua utilização que é assegurado pelo Decreto-Lei nº 446/91 de 22 de Novembro.

De acordo com o CBPA os adubos de disponibilidade controlada são mais usados nas culturas perenes (vinhas, Olivais) para libertarem lentamente o azoto às culturas, assim pode

evitar-se a perda de azoto nas águas de lixiviação, os adubos deste género mais utilizados são a ureia mais formaldeído, o crotonilideno-diureia e o Isobutilideno-diureia. O armazenamento e manuseamento de adubos químicos devem ser realizados com precaução e com algumas restrições. Também, o armazenamento e manuseamento de efluentes das explorações pecuárias deve seguir condições especiais para se evitar perdas de azoto para as águas e se conseguir a máxima eficiência do fertilizante, sendo de evitar a poluição da água a partir de fossas de recolha de efluentes das instalações de silos por má conceção ou manutenção. Segundo o CBPA (Ministério da Agricultura do Desenvolvimento Rural e das Pescas, 1997), a quantidade a aplicar de fertilizante contendo azoto é um cálculo a efetuar sempre para uma gestão eficiente e sustentável do projeto agrícola, representada seguidamente: $F \text{ (Kg/ha)} = N - (S + A + B + R) + (I + P + L)$, sendo que:

F - Azoto a fornecer pela fertilização, em kg/ha

N - Necessidades da cultura em azoto para um determinado nível de produção, em kg/ha

S - Azoto disponibilizado pelo solo durante o ciclo vegetativo da cultura, em kg/ha

A - Azoto fornecido ao solo pela água de rega e através de deposições atmosféricas secas (poeiras) ou húmidas (chuvas), em kg/ha

B - Azoto fixado biologicamente sobretudo através da simbiose Rizóbio-Leguminosa, em kg/ha

R - Azoto proveniente dos resíduos das culturas precedentes, em kg/ha

I - Azoto imobilizado pelos microrganismos do solo, em kg/ha

P - Perdas de azoto por volatilização, inclusive por desnitrificação, em kg/ha

L - Perdas de azoto por lavagem nas águas de escoamento e de percolação, em kg/ha

As épocas e técnicas de aplicação de azoto são escolhidas de forma a minimizar-se o impacto do azoto nas águas e a maximizar-se a fixação de azoto nas culturas. As técnicas de aplicação dos fertilizantes variam consoante o tipo de fertilizante sendo que para os adubos como não existe 100% de adsorção de N pelas plantas, pretende-se alcançar o ideal a nível de solo-planta e ambiental, a partir da aplicação do fertilizante que pode ser distribuído uniformemente por toda a superfície do terreno ou em zonas localizadas e enterrado com maior ou menor profundidade, segundo o CBPA.

A gestão da rega é também um meio de prevenção da poluição das águas causada pelo nitrato. A água de rega em excesso e em alturas inadequadas conduz a um maior risco de lixiviação do contaminante. Assim de acordo com (Agostinho, 2006), a determinação da altura de rega e a determinação do volume de água que deve ser aplicado é um procedimento essencial, sendo que a altura de rega depende do teor de água no solo e o volume de água a utilizar depende da capacidade de armazenamento de água no solo.

Em resumo, para uma maior e melhor eficiência do processo de cultivo, para maior proteção do meio ambiente, deve existir um plano de fertilização que deve conter todos os

pressupostos anteriormente referidos, bem como, os tipos, as quantidades as épocas e as técnicas de aplicação dos fertilizantes e uma especial abordagem à gestão do azoto.

2.1.7 Medidas Corretivas e Preventivas

Independentemente do procedimento de controlo de contaminação, deve ter-se em conta as circunstâncias particulares de cada caso, sendo que, por exemplo, a aplicação do conceito “quem contamina, paga”, não é tão simples nas situações de poluição difusa como no caso das fontes pontuais. As medidas corretivas são eficazes em muitos casos. Contudo, uma política de prevenção é o melhor caminho para evitar a deterioração das águas subterrâneas pelo nitrato. As medidas preventivas podem conter o projeto e a implantação de redes de observação e vigilância da qualidade, a elaboração de mapas de vulnerabilidade de aquíferos e a adoção do sector agrícola de práticas menos prejudiciais ao ambiente, com a mesma produção e qualidade. Exemplos de medidas preventivas podem ser a aplicação do fertilizante de acordo com o desenvolvimento da planta, a adubação preferencial na primavera e princípio de verão, a minimização da aplicação dos adubos azotados nos meses frios, a rotação de culturas e a preferência na rega gota a gota em culturas hortícolas. (Ferreira, et al., 1994)

A fim de se melhorar o desenvolvimento ambiental dos sistemas de produção agrícola, aumentando ao mesmo tempo a sua rentabilidade, devem ser aplicadas as seguintes regras nos recursos hídricos (An Agenda for Agriculture, 1993):

- conservar e melhorar a qualidade do solo, aumento dos nutrientes, e da eficiência no uso da irrigação em sistemas de produção;
- aumentar a resistência dos sistemas agrícolas à erosão e ao escoamento de lixiviados;
- utilizarem-se mais as zonas tampão do campo;

Relativamente às medidas corretivas, segundo (Ferreira, et al., 1994) estas relacionam-se com as condições de exploração do aquífero e com as tecnologias para diminuir os nitratos da água captada ou na origem da água. Como exemplo, em aquíferos confinados, pode ser realizada uma desnitrificação biológica natural quando existe disponibilidade orgânica, ou na água captada podem ser aplicadas técnicas físico-químicas (osmose inversa ou permuta iónica) ou biológicas (bactérias que convertem nitrato a nitrito e depois a azoto).

2.1.8 Remoção de Nitrato das Águas Subterrâneas

Segundo (Garrett, et al., 2005), a maioria das abordagens de reabilitação considerada até à data, envolvem o bombeamento de águas subterrâneas e posterior remoção do nitrato por meios físicos (por osmose inversa, permuta iónica). Este tipo de estratégia apresenta custos associados de engenharia, capital, operação e manutenção elevados. Outras abordagens para a remediação de água subterrânea contaminada com nitratos são a fitorremediação (as plantas vão captar e utilizar o nitrato disponível a partir de águas rasas e na superfície do solo contaminado) e a desnitrificação biológica (redução do nitrato a azoto gasoso a partir da ação de microrganismos e de uma fonte de carbono).

A aplicação de tecnologias de remediação *in-situ* necessita de um conhecimento aprofundado da geologia e da hidrogeologia da zona e a maioria das técnicas descritas na literatura correspondem a pequenos testes desenvolvidos à escala piloto, segundo (Garrett, et al., 2005). Nos EUA considerou-se uma nova abordagem para remediação *in situ* de nitrato, sendo que a área contamina era de aproximadamente 48 hectares, de acordo com (Garrett, et al., 2005). A fonte de contaminação da zona foi uma indústria de refinação de ácido nítrico para produção de adubos. Depois do encerramento da empresa e no início da descoberta da contaminação, foram identificados locais com concentração de 2183 mg de nitrato num litro de água subterrânea, sendo que a EPA - EUA (Environmental Protection Agency) definiu como concentração máxima de nitratos em água potável de 10 mg/L. A remoção passou, primeiramente, no estudo e conhecimento do sistema geológico do aquífero e posteriormente, foi efetuado um teste piloto que mostrou que a biodesnitrificação local seria eficaz quando desenvolvida à escala real. Assim, foram instalados furos de injeção direta de metanol puro, a fim de se evitarem os custos associados à mistura e de modo a aumentar-se a fonte de carbono no aquífero mais rapidamente. Essa técnica origina um aumento da atividade biológica e a diminuição do tempo de recuperação, segundo (Garrett, et al., 2005).

A remoção de nitratos por permuta iónica, consiste na passagem da água contaminada por uma coluna preenchida de resina aniónica, seletiva ou não, onde ocorre a troca de iões para a água que sai da coluna apresentar uma remoção de cerca de 90% do contaminante, segundo (DeSilva, 2003). O facto de uma resina ser seletiva significa que essa retém mais fortemente o ião nitrato que outros aniões tais como sulfato, cloreto e bicarbonato, presentes na água. As resinas do tipo trietilamina e tributilamina são dois exemplos de resinas seletivas comercializadas, de

acordo com (DeSilva, 2003). Após a saturação, a resina é regenerada com uma salmoura (solução de sal comum), onde o ião cloreto é trocado pelo nitrato fixado na resina, o efluente de regeneração e a água de lavagem, consideradas como águas residuais, devem ser rejeitadas adequadamente. Outra preocupação a ter na manutenção da coluna é o controlo do pH, sendo que na fase inicial da utilização da resina, não remove só o ião nitrato, removem-se também os sulfatos e os bicarbonatos, dessa forma é adicionada no tanque de salmoura a solução tampão de carbonato de sódio (Na_2CO_3), para que durante a regeneração seja convertida uma porção da resina a bicarbonato, de acordo com (DeSilva, 2003)

A osmose inversa tem sido, nos últimos anos, aplicada para a produção de água potável a partir de água bruta de baixa qualidade e é uma tecnologia que remove todos os elementos que a água pode conter, filtrando-a até produzir água quase pura. A técnica de remoção em causa, consiste em deixar passar água contaminada com concentração mais elevada por uma membrana com uma determinada pressão que não pode ser muito elevada nem muito baixa, para um meio de concentração inferior. Dessa forma, ficam retidos na membrana semipermeável os contaminantes e todos os constituintes na água apresentam uma dimensão superior à da molécula da água. A técnica pode remover 90-95% de nitratos da água contaminada, segundo (Purágua, 1999). Contudo, a aplicação desta tecnologia vai depender do pH da água a tratar, da temperatura e da pressão nas condições de aplicação. Sempre que possível a água a ser tratada deve apresentar uma pré-qualidade, para evitar colmatar ou estragar a membrana, necessitando-se assim, de pré-tratamento. (Jackson, et al., 2001)

De acordo com (Jackson, et al., 2001) as membranas semipermeáveis de osmose inversa são geralmente fabricadas a partir de poliamida. As membranas de acetato de celulose podem suportar o crescimento de bactérias e são, portanto, inadequadas. A taxa específica de produção de água tratada é muito baixa, consequentemente exige-se elevada área superficial da membrana. A água tratada é recolhida num tanque de armazenamento para gerir oferta e procura. Normalmente, um sensor de nível no reservatório de armazenamento controla a operação da unidade de osmose inversa. (Jackson, et al., 2001)

A água tratada por osmose inversa é muito macia, não se sabe se o consumo regular a longo prazo de água contendo níveis anormalmente baixos de constituintes inorgânicos dissolvidos tem algum efeito na saúde, como a falta de micro nutrientes, segundo (Jackson, et al., 2001). Algumas unidades de osmose inversa possuem um sistema " re-endurecedor" para aumentar a dureza e alcalinidade da água tratada, tornando-a menos agressiva. No entanto,

quando a água bruta contém excesso de constituintes inorgânicos dissolvidos, a osmose inversa pode oferecer os únicos meios viáveis de tornar uma fonte de água potável. (Jackson, et al., 2001)

2.2 Enquadramento legal

2.2.1 Diretiva Quadro-Água - Diretiva 2000/60/CE

A Diretiva 2000/60/CE, com início de consideração no dia 22 de Dezembro de 2000 e recomenda uma gestão integrada da água para sua proteção, com o objetivo de se alcançar um bom estado químico e biológico das águas, até ao ano de 2015, o mais tardar. O objetivo é alcançarem-se o cumprimento dos objetivos ambientais (art. 4º) por parte dos estados membros da União Europeia que, relativamente às águas subterrâneas, podem ser evitar ou limitar a descarga de poluentes nas águas subterrâneas e de evitar a deterioração do estado de todas as massas de água.

2.2.2 Lei da Água – Decreto-Lei n.º 58/2005 de 29 de dezembro

A Lei da Água “estabelece o enquadramento para a gestão das águas superficiais, designadamente as águas interiores, de transição e costeiras, e das águas subterrâneas” e “assegura a transposição da Diretiva n.º 2000/60/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de Outubro, que estabelece um quadro de ação comunitária no domínio da política da água”.

2.2.3 Lei da Titularidade dos Recursos Hídricos – Decreto-Lei n.º 54/2005, de 15 de novembro

Consoante a titularidade, os recursos hídricos podem ser do domínio público, patrimoniais, pertencentes a entidades públicas ou particulares. O domínio público hídrico das águas compreende as águas nascidas ou águas subterrâneas existentes em terrenos ou prédios públicos e, também, as águas nascidas em prédios privados, logo que estas transponham os limites dos terrenos ou prédios onde nasceram ou para onde foram conduzidas pelo seu dono, e se no final forem lançar-se no mar ou em outras águas públicas. Por último consideram-se do domínio público, as águas das fontes públicas e dos poços e reservatórios públicos, incluindo todos os que vêm sendo continuamente usados pelo público ou administrados por entidades públicas

2.2.4 Taxa de Recursos Hídricos – Decreto-Lei n.º 97/2008 de 11 de junho

Estabelece o regime económico e financeiro dos recursos hídricos, a partir da taxa de recursos hídricos - TRH. A TRH reflete-se nas seguintes utilizações dos recursos hídricos: da utilização privativa de águas do domínio público hídrico do Estado, da descarga, direta ou indireta, de efluentes sobre os recursos hídricos e suscetíveis de causar impacte significativo, da extração de materiais inertes do domínio público hídrico do Estado, da ocupação de terrenos ou planos de água do domínio público hídrico do Estado, da utilização de águas, qualquer que seja a sua natureza ou regime legal, sujeitas a planeamento e gestão públicos, suscetível de causar impacte significativo. A base tributável da TRH é constituída pelas cinco componentes referidas e calculada a partir do somatório das mesmas.

2.2.5 Regime de Utilização dos Recursos Hídricos – Decreto-Lei n.º 226-A/2007 de 31 de maio

Para se atribuir um título de utilização de recursos hídricos- TURH é necessário seguir-se o disposto na Lei da Água (Decreto-Lei n.º 58/2005, de 29 de Dezembro) e na demais legislação relacionada. Na atribuição do TURH deve verificar-se a inexistência de outros usos efetivos ou potenciais dos recursos hídricos, e reconhecidos como prioritários, e a possibilidade de conciliar o TURH com direitos preexistentes. No caso de pesquisa de captação de águas subterrâneas, deve-se verificar se os requisitos a ter um TURH, são aplicáveis à captação a que se destina.

2.2.6 Regime jurídico dos Serviços Municipais de Abastecimento Público de Água - Decreto-Lei n.º 194/2009 de 20 de agosto

Os serviços municipais de abastecimento público de água, de saneamento de águas residuais urbanas e de gestão de resíduos urbanos que são abrangidos pelo presente decreto compreendem, a gestão dos sistemas municipais de captação, elevação, tratamento, adução, armazenamento e distribuição de água para consumo público, bem como a gestão de fontanários não ligados à rede pública de distribuição de água e que sejam origem única de água para consumo humano. Consideram-se sistemas municipais todos os que não devam ser considerados sistemas multimunicipais, nos termos do n.º 2 do artigo 1.º da Lei n.º 88 -A/97, de 25 de Julho.

2.2.7 Programa de Ação para as Zonas Vulneráveis - Portaria n.º 259/2012 de 28 de agosto

A portaria referida estabelece o programa de ação para as zonas vulneráveis de Portugal Continental. As nove zonas identificadas são Esposende -Vila do Conde, Estarreja – Murtosa, Litoral Centro, Tejo, Beja, Elvas, Estremoz – Cano, Faro, Luz -Tavira.

Os agricultores titulares de explorações agrícolas, total ou parcialmente, localizadas em zonas vulneráveis como as referidas, estão sujeitos a seguir o disposto nesta portaria. Os objetivos são de reduzir a poluição das águas, causada ou induzida por nitratos de origem agrícola e impedir a propagação desta poluição nas zonas vulneráveis. Para esse efeito, estipula, recomenda e condiciona a época de aplicação dos fertilizantes, a aplicação de fertilizantes em solos inundados ou inundáveis, as práticas agrícolas em terrenos declivosos, a aplicação de fertilizantes em terrenos adjacentes a cursos de água, a captação de água subterrânea e em albufeiras, o plano e balanço de fertilização, a quantidade máxima de azoto a aplicar às culturas, a gestão de efluentes pecuários, o licenciamento da aplicação de efluentes pecuários, as técnicas de aplicação de fertilizantes minerais, a gestão da rega, a utilização do código de Boas Práticas Agrícolas (CBPA), o sistema de identificação de parcelas (SIP), o controlo dos nitratos e as sanções impostas por incumprimento da lei.

Segundo o disposto no ANEXO I da mesma portaria, a Zona Vulnerável de Estremoz – Cano corresponde à área de 207,07 km², integra os concelhos de Sousel e de Estremoz, integra o sistema Aquífero Estremoz – Cano. Os declives são da ordem de 66 % da área de relevo plano ou quase plano a suave e 21 % com um declive moderado a ligeiramente acentuado e os restantes 13 % moderadamente acentuado a acentuado. Os sistemas agrícolas predominantes, são as culturais de sequeiro, nomeadamente o olival tradicional, pastagem sob coberto e arvenses e vinha, a agropecuária (a pecuária extensiva tem alguma expressão). Os solos dominantes são mediterrâneos vermelhos ou amarelos - luvissolos, seguindo -se, em menor proporção, os solos mediterrâneos pardos, luvissolos, os solos calcários vermelhos, cambissolos, os solos calcários pardos, cambissolos, os aluviosolos modernos, fluvisolos, e os solos de baixa ou coluviosolos, fluvisolos). A precipitação média anual observada na estação de Estremoz é de 692,4 mm, repartindo-se por um período chuvoso, de outubro a fevereiro com 65 % da precipitação média anual, que coincide com a estação fria, e por um período seco, de março a setembro, com 35 % da precipitação média anual, na época quente. Em relação à temperatura, a média anual situa-se nos

15,6°C, apresentando uma variação regular ao longo do ano e atingindo os valores médios mensais mínimo e máximo em janeiro (9°C) e em julho (23,4°C), respetivamente.

2.2.8 Qualidade da Água destinada ao Consumo Humano – Decreto-Lei n.º 306/2007 de 27 de agosto

O valor paramétrico definido no referido Decreto-Lei para a concentração máxima de nitratos, é de 50 mg NO₃ por litro de água e para a concentração de nitritos o valor limite de 0,10 mg/l. Compete às entidades gestoras, assegurar à saída das estações de tratamento de água a condição $\frac{[\text{nitratos}]}{50} + \frac{[\text{nitritos}]}{3} \leq 1$, onde os parênteses retos representam as concentrações em mg/l para os nitratos (NO₃).

3 Caracterização do Sistema Aquífero Estremoz-Cano

A vulnerabilidade à poluição de um aquífero está intrinsecamente ligada com a sua composição litológica (figura 5), entre outras características. Neste capítulo pretende-se enquadrar as características geológicas, geomorfológicas e hidrogeológicas do sistema aquífero que abastece o concelho de Estremoz e a influência destas na vulnerabilidade à contaminação e, consequentemente, na qualidade da água contida neste sistema de armazenamento. A bacia hidrográfica é considerada pela Diretiva Quadro-Água a unidade básica de gestão dos recursos hídricos, verificando-se assim a importância do seu estudo para uma gestão da qualidade da água. A recarga do aquífero Estremoz-Cano é realizada, em parte, pela água que atinge a Bacia Hidrográfica do Tejo nomeadamente na metade superior, NW enquanto no extremo oposto de menor área a recarga é feita pelas águas que atingem a bacia hidrográfica do Guadiana, segundo (ARH de Tejo I.P., 2011).

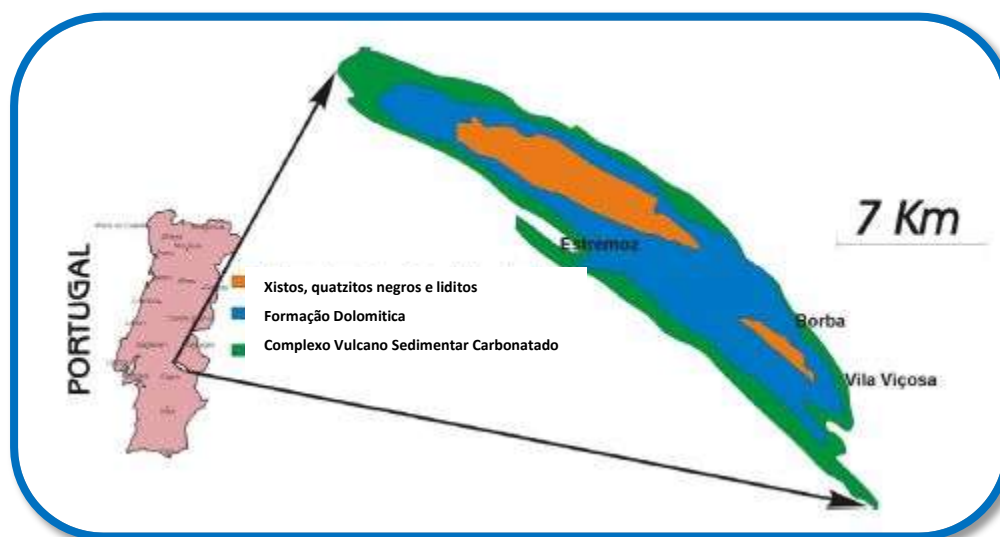


Figura 5 - Enquadramento geográfico do Anticlinal de Estremoz Cano, adaptado (Lopes, et al., 2008)

3.1 Geologia

No que diz respeito à geologia do Sistema Aquífero, este localiza-se no Maciço Hespérico o que corresponde aos terrenos mais antigos que constituem a Península Ibérica. A evolução tectónico-estratigráfica deste maciço antigo reflete-se em unidades menores, sendo que o aquífero Estremoz-Cano localiza-se na Zona de Ossa Morena (ZOM), mais concretamente no sector Estremoz-Barrancos no qual se distingue uma estrutura designada por anticlinal de

Estremoz. Esta é constituída por uma sequência de camadas da idade paleozóica, donde se destacam os mármore e as metadolomias que armazenam a água subterrânea. (ERHSA, 2000); (Almeida, et al., 2000)

Geomorfologicamente o anticlinal de Estremoz, distingue-se por apresentar uma área ondulada com relevos pouco salientes e vales pouco profundos, em consequência da erosão das diferentes litologias à superfície, distinguindo-se assim na paisagem relevos de dureza, associados às metadolomias, que constituem elevações a cotas da ordem dos 400 m. Entre o Redondo e Estremoz ergue-se a Serra de Ossa, um relevo de origem tectónica constituído essencialmente por xistos e quartzitos com cerca de 650 m de altura. (ERHSA, 2000)

A água que abastece o município encontra-se armazenada naturalmente no aquífero carbonatado de Estremoz-Cano, os minerais presentes em maior percentagem nas rochas carbonatadas são a calcite (CaCO_3), a aragonite (CaCO_3) e a dolomite ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$).

A base litológica do sistema aquífero pode ser diferenciada em dois grupos, uma parte do aquífero de base dolomítica e vulcano sedimentar (Mármore de Estremoz) e a outra parte localizada no extremo NW na região do Cano, esta constituída principalmente por calcários lacustres. (Almeida, et al., 2000)

Os afloramentos mais antigos afloram no núcleo do anticlinal, com idade pré-câmbria e são, essencialmente, constituídos por xistos cinzentos e verdes cloríticos com intercalações de quartizitos negros e lídicos. A idade das metadolomias e do complexo vulcano sedimentar de Estremoz, é incerta sendo atribuída por diversos autores ao Ordovícico. (Lopes, et al., 2008)

No maciço carbonatado de Estremoz, ocorrem fenómenos de carsificação próprios da morfologia cársica, que resultam da infiltração e dissolução das formações carbonatadas que constituem os mármore e as metadolomias. (ERHSA, 2000)

3.2 Hidrogeologia

O movimento dos contaminantes no subsolo é influenciado, no espaço e no tempo, pela circulação da água subterrânea, (Fiúza, 2009). Assim e antes de mais, para um melhor entendimento desta interação deve-se enunciar o ciclo da água na natureza e os conceitos das propriedades elementares do solo.

A água doce na terra tem origem na precipitação sob a forma de chuva, neve ou granizo. Ao atingir a superfície terrestre a água pode escorrer superficialmente alimentando correntes,

ribeiros e rios e ficar armazenada em lagos e albufeiras, ou infiltrar-se até atingir a zona saturada dos aquíferos. Uma determinada percentagem da água da superfície regressa à atmosfera através da evaporação, sendo que a água que se infiltra no subsolo é na zona vadosa utilizada pelas plantas.

Sendo a hidrogeologia (Mendonça, et al., 2000): parte da hidrologia que estuda o comportamento das águas terrestres na zona saturada das formações geológicas, tendo em contas as suas propriedades físicas e químicas, interações com o meio físico e biológico e suas reações à ação do Homem. Pretende-se descrever de forma simples a hidrogeologia da formação geológica em estudo, neste trabalho. O aquífero Estremoz encontra-se nas formações dolomíticas e nos mármorees do complexo Vulcano, segundo (Almeida, et al., 2000). Como é o aquífero Estremoz que armazena a água que abastece o município, dá-se prioridade ao estudo deste.

A porosidade no calcário é dada por cavidades de dissolução e pode chegar a 30%, que corresponde em fração o volume de solo que é ocupado por ar ou água (Fiúza, 2009). A permeabilidade consiste na capacidade da rocha em permitir que um fluido circule através dela. Um solo muito poroso pode ser pouco permeável se os poros forem muito pequenos ou se estiverem semi-fechados, como no caso do terreno argiloso (Fiúza, 2009). O armazenamento e transporte de água subterrânea dependem da porosidade e da permeabilidade dos aquíferos. Contudo no caso de rochas sedimentares de natureza química (calcários), a água ao movimentar-se vai alterando os valores de permeabilidade e porosidade, pois durante o seu percurso vai interagindo com as rochas que atravessa, dissolvendo determinadas substâncias e precipitando outras. (Fiúza, 2009)

As captações do sistema de abastecimento do município localizadas dentro da delimitação geográfica do aquífero Estremoz-Cano, relativamente à tipologia das águas, caracterizam-se por fácies bicarbonatada cálcica e calco-magnésiana, segundo (Almeida, et al., 2000).

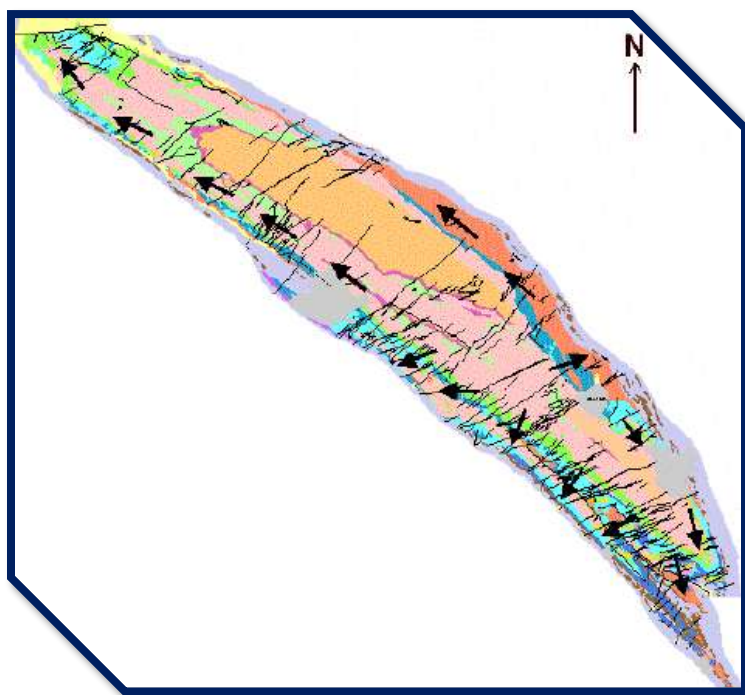


Figura 6 - Sentido preferencial do fluxo da água subterrânea no aquífero Estremoz-Cano, extraído (Midões, 2009)

No sentido SE do anticlinal (figura 6), é usual encontrarem-se no terreno descargas naturais, consequência do encontro das fraturas que se comportam como condutas hidráulicas e do contacto com as formações xistentas. O aquífero Estremoz caracteriza-se por ser muito compartimentado, com uma grande rede de fraturas, de direção predominante NE-SW (comportamento cársico-fissurado) que quando preenchidas com argila, formam barreiras impermeáveis. (ERHSA, 2000)



Figura 7 - Fraturas a céu aberto pela exploração de mármore em Estremoz, extraído (Midões, 2009)

A água circula no maciço por diáclases e falhas designadas de “condutas hidráulicas”. O movimento da água ao longo do tempo promove a dissolução da rocha e consequentemente o

alargamento das falhas e das diáclases, podendo formar o que usualmente é designado de “crocas”, segundo (ERHSA, 2000). Se aumentarem muito de dimensão podem originar o desabamento da faixa cársica. Os fenómenos de carsificação (“processos de dissolução da rocha que conduzem, geralmente, ao aumento da sua permeabilidade. A carsificação atua principalmente em rochas carbonatada, gessos e outras rochas muito solúveis” segundo (Mendonça, et al., 2000)), foram estudados e verificados pela atividade de exploração de mármore que deixou a descoberto as estruturas referidas anteriormente (figura 7), segundo (ERHSA, 2000).

O comportamento da formação considera-se maioritariamente livre, ou seja, a formação geológica é permeável e parcialmente saturada de água, sendo que na base a camada é impermeável, retendo a água e permitindo o seu movimento vertical, segundo (Mendonça, et al., 2000). O nível da água na superfície superior do aquífero está à pressão atmosférica, designando-se assim por nível freático, segundo (Mendonça, et al., 2000). Mediante a presença de metavulcanitos considera-se um ponto confinado, por exemplo na migração da água do subsolo esta encontra uma camada confinante como a argila (baixa permeabilidade) que impede o seu movimento, nestes casos a pressão da água no aquífero é superior à atmosférica, segundo (ERHSA, 2000).

Na região estudada é usual formar-se dolinas, isto é, um rebaixamento do solo, ou um pequeno vale, que podem ocorrer em zonas freáticas quando em épocas de seca prolongada ou com a exploração do mármore o nível freático rebaixa e a camada de solo que era suportada pelo peso da água abate. Considera-se que atualmente a carsificação na região tem atividade moderada, devido à reduzida precipitação, do tipo intermitente e às resultantes variações da movimentação hídrica. Como a rede hidrográfica apresenta cursos de água de pequenas dimensões, prevalecem na região os declives moderados, devidos a uma ação erosiva preferencialmente do tipo torrencial. (ERHSA, 2000)

3.3 Bacia Hidrográfica do Tejo

Existem 16 massas de água subterrâneas na região hidrográfica do Tejo sendo que só 12 estão afetadas a esta região. O aquífero Estremoz-Cano faz parte das 12 massas de água. A região hidrográfica do Tejo (figura 8) representa 28% do solo de Portugal, sendo por isso importante proteger os recursos naturais (captação de água para consumo humano, águas piscícolas, balneares, zonas sensíveis em termos de nutrientes, zonas vulneráveis, zonas de infiltração máxima, zonas sensíveis e áreas protegidas) presentes em tal área. (ARH de Tejo I.P., 2011)



Figura 8 - Enquadramento geográfico da Bacia do Tejo, adaptada (ARH de Tejo I.P., 2011)

Relativamente ao clima e à precipitação, a área em causa possui um clima temperado mediterrâneo, tendo um período seco de dois meses (Julho e Agosto), com uma precipitação anual entre os 2.744 milímetros na parte Norte da bacia, que se encontra a uma altitude de 1300 m e de 524 milímetros na zona costeira. Quando o ano é húmido, a precipitação é cerca de 130% do ano normal enquanto que se o ano for seco, é de 70% da referente ao ano normal. As cheias na área metropolitana são consideradas rápidas e as do curso principal do rio Tejo (como o rio Sorraia) lentas. Refere-se que a seca mais longa foi em 1973 (46 meses) e a do ano de 2005 apresentou uma seca extrema durante os doze meses. (ARH de Tejo I.P., 2011)

Para uma melhor análise da unidade de gestão correspondente a esta bacia hidrográfica, definiram-se 23 sub-bacias sendo que 17 das 23 contêm os principais afluentes do rio Tejo. A sub-

bacia que abrange a área em estudo corresponde a um desses 17 afluentes principais, o rio Sorraia (figura 9). (ARH de Tejo I.P., 2011)

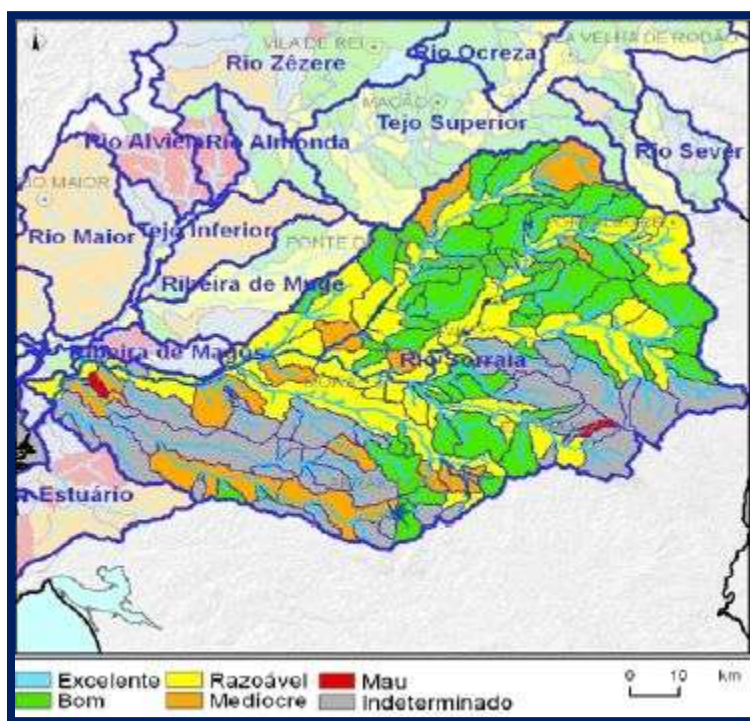


Figura 9 - Classificação do estado das massas de água da Sub-bacia Rio Sorraia, extraída (ARH de Tejo I.P., 2011)

A sub-bacia Rio Sorraia, localiza-se na região central do País e representa a maior sub-bacia da região hidrográfica do Tejo com vinte habitantes por quilómetro quadrado. As áreas regadas são elevadas, sendo a agricultura o sector responsável pelos maiores gastos de água. Existem contaminações superficiais e subterrâneas relativamente a azoto e fósforo, provenientes de uma ineficiente projecção das redes de águas residuais urbanas, das descargas diretas de efluentes nos cursos de água e dos sectores agropecuários. Do total das massas de água em avaliação 43% apresentou um estado razoável e medíocre, sendo que 29% das massas não foram contabilizadas, só 22% das massas apresentam um estado de qualidade bom. (ARH de Tejo I.P., 2011)

Efetuando-se a quantificação das disponibilidades anuais de água para um ano hidrológico médio, e a quantificação das necessidades de água para abastecimento (urbano, indústria....) realiza-se uma gestão dos recursos hídricos da sub-bacia (rio Sorraia) baseada nas condições de escassez e de necessidades. Sendo as disponibilidades 1033 hm^3 , as necessidades para abastecimento urbano 7 hm^3 , indústria 4 hm^3 , agricultura 114 hm^3 , pecuária 2 hm^3 , turismo $0,1 \text{ hm}^3$ e ambientais 52 hm^3 . O balanço hídrico anual em ano médio é de 855 hm^3 , e a percentagem de utilização do recurso 12,2%. Verifica-se uma contribuição significativa da agricultura na parcela

das necessidades. Quanto às disponibilidades, estas são de aproximadamente 83% para 17% de necessidades. Contudo, para um ano seco, pode verificar-se escassez hídrica e as disponibilidades não serem suficientes para as mesmas necessidades, uma vez que as disponibilidades passam de 1033 hm³ para 198 hm³. (ARH de Tejo I.P., 2011)

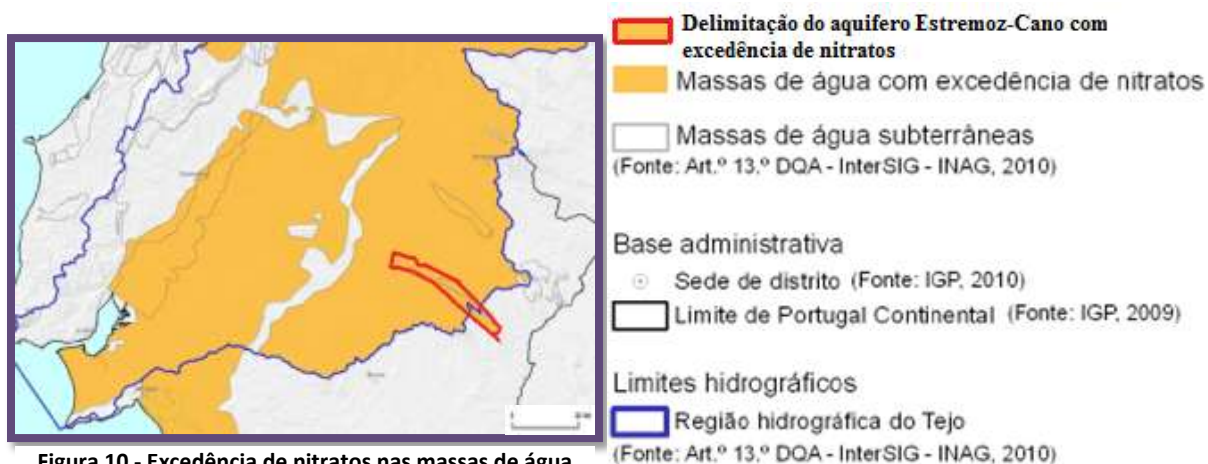


Figura 10 - Excedência de nitratos nas massas de água subterrânea, adaptado (ARH de Tejo I.P., 2011)

Relativamente à massa de água subterrânea em estudo, ao realizar-se a verificação de diversos fatores e condições que são requeridas para a classificação de uma massa de água (MA) subterrânea, obtém-se para o Estremoz-Cano um estado quantitativo bom e estado químico e global “mediocre”. Como se pode verificar pela figura 10, o aquífero Estremoz-Cano é classificado como uma massa de água com excedência de nitratos. (ARH de Tejo I.P., 2011)

Das MA subterrâneas afetas à RH5 a Estremoz-Cano apresenta uma área de drenagem fora da área da MA. De um modo geral todas as MA subterrâneas afetas a esta região apresentam como principal entrada a água oriunda da precipitação. Contudo, pode ainda verificar-se recarga subterrânea através de aquíferos adjacentes, das perdas da rega e das redes de saneamento e de abastecimento e até em menor número a partir de cursos de água superficial. (ARH de Tejo I.P., 2011)

Quanto às saídas de água para as linhas de água que as drenam considera-se, uma percentagem por evapotranspiração quando os níveis freáticos estão próximos da superfície e, também, por escoamento subterrâneo lateral. A partir da evolução dos níveis piezométricos e da taxa de recarga natural, pode estimar-se o desenvolvimento espacial e temporal das recargas das MA. Relativamente á massa em estudo, estima-se uma maior taxa de recarga, por ser uma formação do tipo cársico que, geologicamente, favorece um grande armazenamento de água. (ARH de Tejo I.P., 2011)

Os objetivos ambientais do plano de gestão da bacia hidrográfica do Tejo requerem a análise do estado químico, ecológico e quantitativo das MA subterrâneas, da origem (tópica ou difusa), da pressão existente nas MA e ainda a conjugação com a possibilidade de derrogações e prorrogações previstas no Artigo 4.º da DQA. (ARH de Tejo I.P., 2011)

Para um melhor enquadramento da teoria com a realidade, efetuou-se uma análise de risco de incumprimento dos objetivos até à data base (2015) e alargou-se para certos casos esse prazo, para se alcançar o bom estado das MA. Consideraram-se, assim e conforme a necessidade, alargamentos (prorrogações) ou objetivos menos rigorosos (derrogações). Na MA em estudo prorrogou-se os objetivos ambientais para 2021 por exequibilidade técnica, ou seja, até essa data pretende-se alcançar o bom estado (químico, ecológico e quantitativo), reduzir-se a poluição provocada por substâncias prioritárias e perigosas e acabar-se com as emissões, descargas e perdas de substâncias perigosas. (ARH de Tejo I.P., 2011)

4 Caracterização das zonas de abastecimento

Sistema de Abastecimento de água de Estremoz Aquífero Estremoz-Cano



Figura 11 – Sistema de abastecimento de água de Estremoz. Aquífero Estremoz-Cano. Fonte: (Departamento de SIG da Câmara Municipal de Estremoz, 2013)

No capítulo 4, caracterizam-se hidrogeologicamente as captações de cada zona de abastecimento de água e descreve-se o uso do terreno envolvente a cada origem de água, como uma potencial fonte de poluição difusa, identificando-se também potenciais fontes de poluição pontuais. Mediante o grau de contaminação da água selecionam-se três casos de estudo, caracterizados em pormenor com uma análise de sensibilidade de precipitação “versus” concentração de nitratos

4.1 Caracterização das zonas de abastecimento do concelho de Estremoz

As zonas de abastecimento de água do município de Estremoz sofreram, ao longo dos anos, alterações relativamente às origens da água. A tabela 3 apresenta as origens atuais das zonas de abastecimento, sendo que as 12 zonas representadas são reguladas pelo ERSAR.

Tabela 3 - Captações de cada zona de abastecimento do município de Estremoz

Zonas de Abastecimento	Origem da água
Veiros	Furo Guardaria; Furos Techocas
São Bento do Ameixal	Furo São Bento do Ameixal; Furo Álamo; Furos Techocas
São Lourenço de Mamporcão	Furo São Lourenço de Mamporcão
Monte das Janelas	Furo Monte das Janelas
Estremoz	Furos Techocas; Furo Frandina; Furo Álamo; Furo Campo de Futebol; Furo Quartel; Reservatório Pedreira
Évora-Monte	Furo Velada; Furo Geradores; Furo Monte da padeira
Santa Vitoria do Ameixal	Poço da Granja; Furo Granja; Furo Correias
São Bento do Cortiço	Furos Techocas; Furo São Bento do Cortiço
Glória	Furo Glória (Maria Dona)
Arcos	Furo Antigo campo de futebol; Furo Zona industrial; Furo do Olival
Venda da Porca	Furo Venda da Porca
Santo Estevão	Nascente/reservatório Santo Estevão; Furo Santo Estevão

As zonas mencionadas na tabela anterior recebem água de origem subterrânea, com exceção da zona de abastecimento de Estremoz, que recebe de uma origem superficial (Pedreira). De referir que nem todas as captações se encontram dentro da delimitação do aquífero Estremoz-Cano, como por exemplo as origens de Évora-Monte.

A evolução da concentração de nitratos na água do consumidor para cada zona de abastecimento relacionada com a precipitação mensal, encontra-se representada em tabelas no anexo A1. Durante o tempo de trabalho relativo à presente dissertação foram realizadas análises ao nitrato por laboratório acreditado, a todas as origens de cada zona de abastecimento, sendo os resultados apresentados no anexo A2. No anexo A13 encontra-se a distribuição da população de Estremoz por subsecção, segundo os dados dos censos 2011.

4.1.1 Zona de abastecimento de Veiros

A zona de abastecimento relativa à freguesia de Veiros, com uma população de aproximadamente 1000 habitantes é abastecida pela captação da Guardaria e da Techocas. A água da Guardaria é captada desinfetada e armazenada no reservatório de Veiros com 300 m³ de capacidade e distribuída á rede. As captações da Techocas são em número de cinco e estão localizados próximas umas das outras. A água bruta é captada e passa por uma ETA, onde sofre decantação, filtração e desinfecção. Após esta fase a água é armazenada em reservatórios de 500 m³ e distribuída por gravidade por uma conduta de 11 Km até á rede de distribuição de Veiros.

Nas tabelas 4 e 5 encontram-se representadas as características da captação Guardaria e da água dos reservatórios da Techocas e as condutas do sistema de abastecimento de Veiros. Verifica-se que uma das condutas adutoras apresenta 11 Km de comprimento fator que aumenta as perdas do sistema.

Tabela 4 - Características das captações subterrâneas da zona de abastecimento de Veiros

Origem da água	Potência (kW)	Caudal (m ³ /h)	Profundidade (m)
Furo da Guardaria	5,52	8	90
Techocas (reservatório)	-	13	-

Tabela 5 - Características das condutas das zonas de abastecimento de Veiros

Conduta	Comprimento (m)	Diâmetro (mm)	Tipo	Material
Adutora	3195	110	Elevatória	PEAD
Adutora	11648	125	Gravítica	Fibrocimento
Distribuidora	5324	60	Gravítica	Fibrocimento
Distribuidora	898	50	Gravítica	Fibrocimento
Distribuidora	2359	63	Gravítica	PVC

Apresenta-se na figura 12, o perfil litológico e a geometria da captação, com um diâmetro de 216 mm, uma profundidade 90 m e litologia Gabro. A presente captação não pertence ao

sistema do aquífero Estremoz-Cano, sendo que se encontra a extrair de um aquífero reduzido de comportamento livre, poroso na zona de alteração superficial e essencialmente fissurado nos estratos mais profundo, de caudal baixo e pouco produtivo. O sentido do fluxo estima-se de SSW para NNE. (AquaEPS, Lda, 2005) Considera-se que na época seca ocorre rebaixamento do nível piezométrico, sendo que a gestão de utilização deve ser racionada.



Figura 12 - Litologia e geometria da captação Guardaria, extraído (APA, I.P., 2013)



Figura 13 - Terrenos envolventes à captação Guardaria, adaptado (Google Mapas, 2013)

Os terrenos que rodeiam a captação (figura 13) são utilizados para culturas sazonais como o trigo, a aveia, o centeio - amarelo e culturas permanentes como o olival - verde, sendo que nos mesmos também se pratica o pastoreio.

4.1.2 Zona de abastecimento de São Bento do Ameixal

O abastecimento de São Bento do Ameixal é realizado a aproximadamente 500 habitantes e composto pelas captações São Bento do Ameixal, Álamo e Techocas. A captação de São Bento do Ameixal é utilizada em épocas de reforço e abastece aproximadamente 10% da rede, a água é captada, armazenada num reservatório de 70 m³ de capacidade e distribuída por gravidade. No Álamo é captada, desinfetada e distribuída, na Techocas é captada passa por uma ETA é armazenada e distribuída.

Tabela 6 - Características das captações subterrâneas da zona de abastecimento de São Bento do Ameixal

Captação	Potência (kW)	Caudal (m ³ /h)	Profundidade (m)
Furo Álamo	11	58	75
São Bento Ameixal	1	2,2	80
Techocas (reservatório)	-	8	-

Tabela 7 - Características das condutas das zonas de abastecimento de São Bento do Ameixal

Conduta	Comprimento (m)	Diâmetro (mm)	Tipo	Material
Adutora	2331	60	Elevatória	Fibrocimento
Distribuidora	2820	150	Elevatória	Fibrocimento
Distribuidora	1272	60	Gravítica	Fibrocimento
Distribuidora	6795	63	Gravítica	PVC

Segundo o corte esquemático de xistos e liditos, representado na figura 14, constata-se que a captação localiza-se fora do sistema aquífero Estremoz-Cano, num meio aquífero de comportamento livre e de dupla porosidade, com um sentido de fluxo que se estima, NE para SW. (AquaEPS, Lda, 2005)

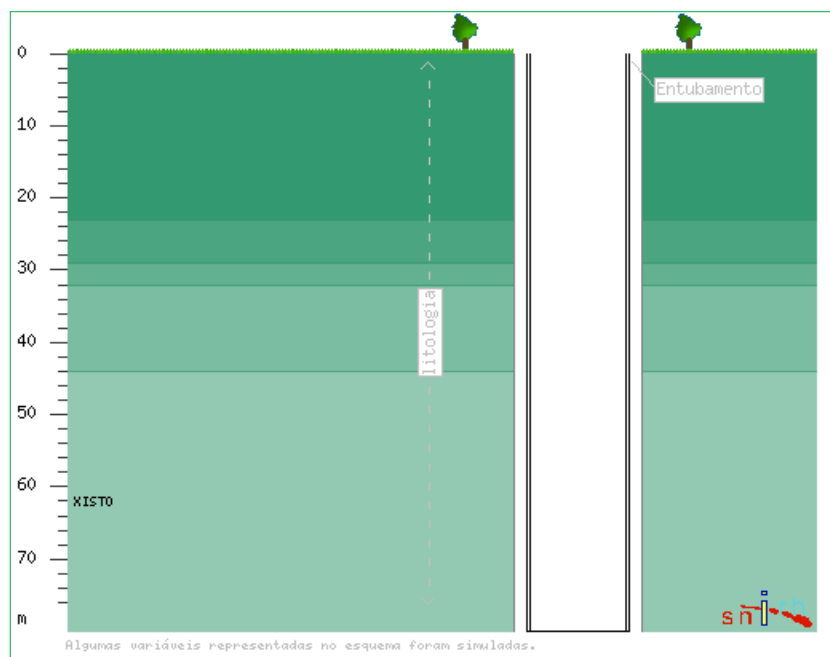


Figura 14 - Litologia e geometria da captação Guardaria, extraído (APA, I.P., 2013)

Sendo que os terrenos envolventes à captação, representados na figura 15, são utilizados com culturas permanentes de olival e vinha.



Figura 15 - Terrenos envolventes à captação São Bento do ameixial, adaptado (APA, I.P., 2013)

4.1.3 Zona de abastecimento de São Lourenço de Mamporcão

A zona de abastecimento de São Lourenço de Mamporcão abastece aproximadamente 445 habitantes e é composta pela origem de São Lourenço de Mamporcão. A água bruta é captada, desinfetada, armazenada no reservatório de 320 m³ e distribuída. Atualmente a zona tem uma única origem. Contudo, existem condutas adutoras da Techocas ligadas ao reservatório de São Lourenço, funcionando esta rede de condutas como um sistema de reforço. Nas tabelas 8 e 9 estão representadas as características das captações e das condutas da zona de abastecimento em estudo.

Tabela 8 - Características das captações subterrâneas da zona de abastecimento de São Lourenço de Mamporcão

Captação	Potência (kW)	Caudal (m ³ /h)	Profundidade (m)	Capacidade do reservatório do tipo apoiado (m ³)
São Lourenço	3,68	9	80	320

Tabela 9 - Características das condutas das zonas de abastecimento de São Lourenço de Mamporcão

Conduta	Comprimento (m)	Diâmetro (mm)	Tipo	Material
Adutora	1044	90	Elevatória	PVC
Adutora	3137	125	Gravítica	Fibrocimento
Distribuidora	1070	75	Gravítica	PVC
Distribuidora	6133	63	Gravítica	PV

Segundo a análise da figura 16, que representa o corte esquemático da litologia onde foi realizado o furo, constata-se que sendo este composto por metavulcanitos do Silúrico, o aquífero terá comportamento livre e de dupla porosidade. O sentido do fluxo é coincidente com a linha de água do sistema fissural, de NE para SW. (AquaEPS, Lda, 2005)

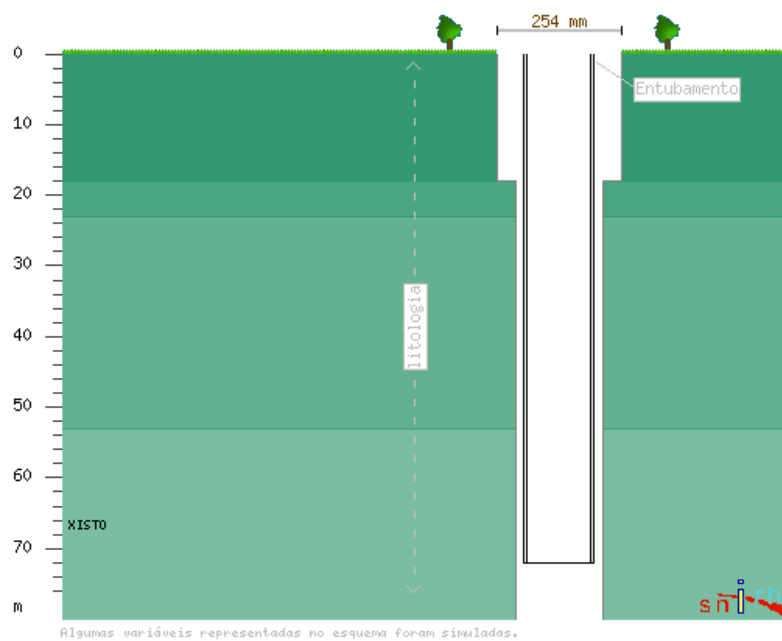


Figura 16 - Litologia e geometria da captação São Lourenço, extraído (APA, I.P., 2013)

Na figura 17 estão representadas as utilizações do solo que rodeiam a captação vinha e cereais – amarelo e Olival – a verde.



Figura 17 - Terrenos envolventes à captação São Lourenço, adaptado (Google Mapas, 2013)

4.1.4 Zona de abastecimento do Monte das Janelas

No Monte das Janelas, a água é captada passa por um filtro para retirar o ferro e o manganês, sendo posteriormente desinfetada e distribuída. A zona é composta a maior parte do ano por três habitantes, sendo que as restantes habitações têm furo particular e são consideradas casas de férias. Sempre que necessário o ferro precipitado nas condutas é removido com um compressor.



Figura 18 - Terrenos envolventes à captação Monte das Janelas, adaptado (Google Mapas, 2013)

A figura 18 representa os terrenos envolventes da captação e as culturas utilizadas nos mesmos, cereais e Olival.

4.1.5 Zona de abastecimento de Estremoz

A zona de abastecimento de Estremoz é constituída pela freguesia de Santa Maria e Santo André. O sistema abastece aproximadamente uma população de 5.000 habitantes. A zona de Estremoz é abastecida pelos 5 furos da Techocas, o furo da Frandina (terreno particular), o furo do Álamo (neste momento não está a ser utilizado pela contaminação elevada de nitratos,) do Campo de Futebol (terreno particular), do Quartel e pela água armazenada numa pedreira inativa.

A água da Techocas é captada, passa por uma ETA onde sofre decantação sem adição de reagentes, desinfecção e filtração com três filtros de areia é armazenada nos reservatórios de capacidade total 500 m³ e distribuída por bombagem para a rede de Estremoz.

Tabela 10 - Características das captações subterrâneas da zona de abastecimento de Estremoz

Captação	Potência (kW)	Caudal (m ³ /h)	Profundidade (m)
JK2	7,35	28,5	37,4
JK3	7,35	37	36,8
JK4	7,35	30	62
PS8	5,52	8	110
RA1	7,35	28	70
Frandina	7,35	21	70
Campo Futebol	2,94	12	58
Pedreira	5,52	12	-
Quartel	5,52	22	40
Álamo	11,03	58	75

Como se pode verificar pela análise da tabela 10, são necessárias nove origens para satisfazer-se as necessidades da população. A de Techocas é composta pelas captações JK2, JK3, JK4, PS8 e RA1, sendo que das mesmas são retirados no total 130 m³/h. A captação do Álamo extrai aproximadamente 60 m³/h, ou seja, mais ou menos metade do caudal do conjunto da Techocas.

A água proveniente do furo da Frandina é elevada ao reservatório designado por Campo de Futebol com 3.400 m³ de capacidade. Nos arredores do Picadeiro encontram-se os dois reservatórios do Picadeiro, com capacidade conjunta de 1.000 m³. Na cidade encontram-se dois reservatórios, o da Calçada e da Frandina, com capacidade individual de 500 m³, que distribui por gravidade a água para o reservatório do Castelo, com 150 m³ de capacidade, para abastecer uma parte da cidade. Apresentam-se na tabela 11, as características dos reservatórios deste sistema de abastecimento.

Tabela 11 - Características dos reservatórios da zona de abastecimento de Estremoz

Reservatório	Quantidade	Tipo	Capacidade reservatório (m ³)
ETA Techocas	2	Apoiado (superfície)	250
Campo de Futebol	2	Apoiado (superfície)	1700
Picadeiro	2	Enterrado	500
Calçada Frandina	1	Elevado	500
Castelo	1	Elevado	150

No sistema da Techocas, estão instalados quatro equipamentos de bombagem, de potência 22 kW cada. Na Frandina estão instaladas três bombas de potência 11 kW cada, que elevam a água até aos reservatórios do Campo de Futebol.

A tabela 12, apresenta as características das condutas do sistema de abastecimento de Estremoz. A conduta adutora/distribuidora de 11Km de comprimento faz a ligação da Techocas a Veiros. Trata-se de uma conduta que faz adução até à entrada da povoação, onde passa a realizar um serviço de distribuição. A conduta que liga Techocas a São Bento do Cortiço, com extensão de 4 Km aproximadamente é conduta adutora até chegar à povoação, onde começa a fazer serviço de distribuição.

Tabela 12 - Características das condutas da zona de abastecimento de Estremoz

Conduta	Comprimentos (m)	Diâmetro (mm)	Tipo	Material
Adutora	250	90	Elevatória	PEAD
Adutora	7595	250	Elevatória	Fibrocimento
Adutora	3814	100	Elevatória	Fibrocimento
Adutora/Distribuidora	11648	125	Gravítica	Fibrocimento
Distribuidora	3862	75	Elevatória	PVC
Adutora	2220	250	Elevatória	PEAD
Adutora	2220	250	Gravítica	PEAD
Distribuidora	1822	150	Gravítica	Fibrocimento
Distribuidora	1174	100	Gravítica	Fibrocimento
Distribuidora	1231	80	Gravítica	Fibrocimento
Distribuidora	5868	90	Gravítica	PVC
Distribuidora	430	200	Gravítica	PEAD
Distribuidora	708	160	Gravítica	PEAD

A figura 19 apresenta os terrenos envoltantes às captações da Techocas, utilizados para a cultura de sobreiros e cereais, sendo que nos mesmos terrenos também se pratica o pastoreio.

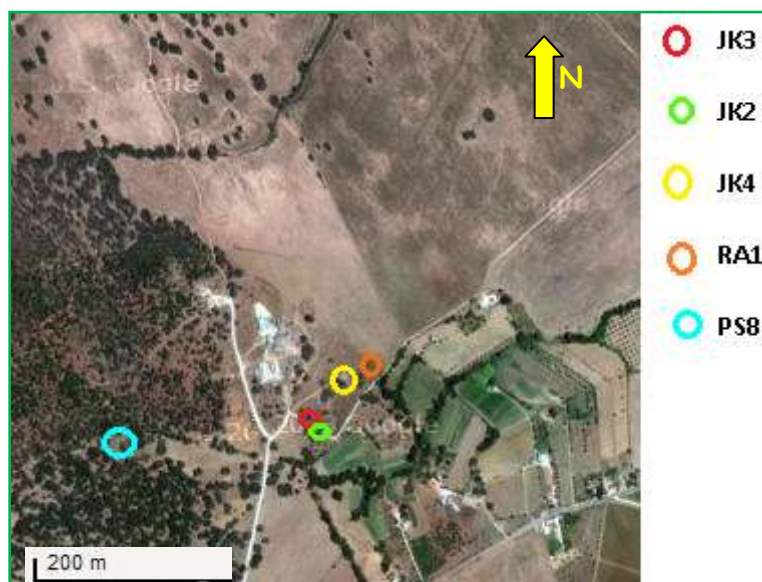


Figura 19 - Terrenos envoltantes às captações Techocas, adaptado (Google Mapas, 2013)

Segundo os cortes esquemáticos da litologia e da geometria, das origens JK4, Jk3, JK2 e PS8, representados nas figuras 20, 21, 22 e 23, verifica-se pela litologia composta por formações

de calcários dolomíticos carsificados e dolomitos cristalinos, que se trata de um meio aquífero cársico fissurado de comportamento livre e bastante compartimentado. O sentido do fluxo é influenciado pela compartimentação do maciço calcário, sendo este de SE para NW. (AquaEPS, Lda, 2005)

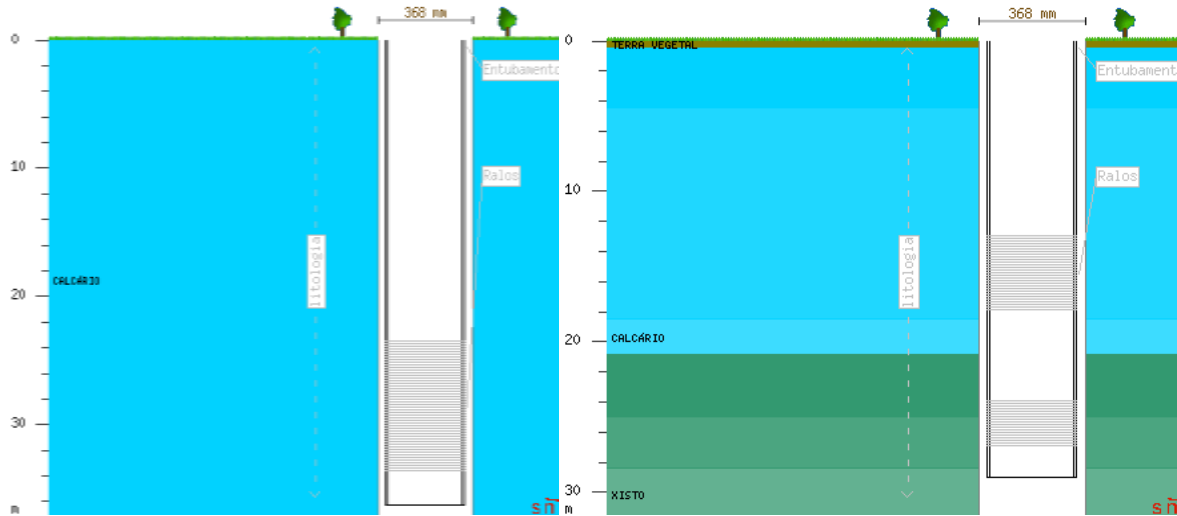


Figura 20 - Litologia e geometria da captação JK2, (APA, I.P., 2013) Figura 21 - Litologia e geometria da captação JK4, (APA, I.P., 2013)

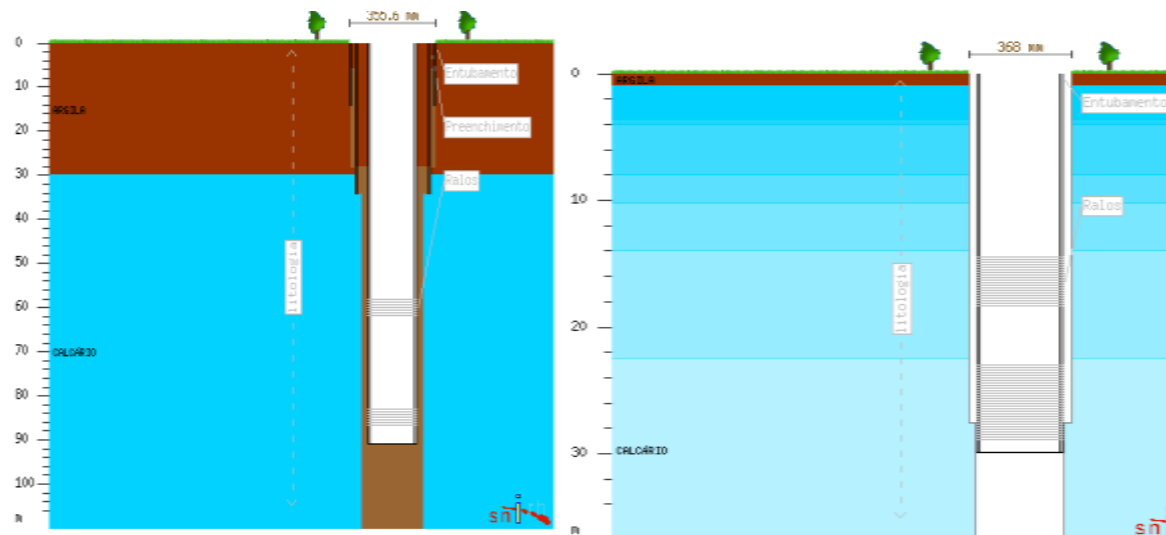


Figura 22 - Litologia e geometria da captação PS8, (APA, I.P., 2013) Figura 23 - Litologia e geometria da captação JK3, (APA, I.P., 2013)

4.1.6 Zona de abastecimento de Évora-Monte

A zona de abastecimento de Évora-Monte serve aproximadamente 650 habitantes. Este sistema é composto por três origens - Velada utilizada como reforço, Gerador e Monte do Padeiro.

Na Avelada a água é captada e introduzida num poço localizado perto da captação, que serve ao mesmo tempo de nascente e de armazenamento.

As três captações distribuem água à população, e simultaneamente abastecem o reservatório com capacidade de 120 m³. A parte alta da freguesia é abastecida por gravidade a partir de um segundo reservatório de 18 m³, considerado um reservatório de fim de linha.

Nas captações o único tratamento realizado à água consiste na injeção de hipoclorito de sódio na conduta distribuidora a partir de uma bomba doseadora de funcionamento contínuo.

Tabela 13 - Características das captações da zona de abastecimento de Évora-Monte

Captação	Potência (kW)	Caudal (m ³ /h)	Profundidade (m)
Velada	1,1+7,4	10	62
Gerador	3,7	4	93
Monte da padeira	2,2	-	47

Na tabela 13, encontram-se representadas as características das captações da zona de abastecimento Évora-Monte. Na Velada existem dois grupos de eletrobomba, sendo que o de potência 7,4 KW serve para captar a água do furo para o poço, e a de 1,1 KW para bombear do poço para a rede distribuidora. Relativamente ao furo do Monte do Padeiro não existe quantificação dos metros cúbicos de água captados, isto é, não se encontra instalado nenhum medidor de caudal por se desprezar a quantidade de água captada em relação às outras duas origens de água.

A tabela 14 apresenta as características das condutas da zona de abastecimento de Évora-Monte.

Tabela 14 - Características das condutas da zona de abastecimento de Évora-Monte

Conduta	Comprimento (m)	Diâmetro (mm)	Tipo	Material
Adutora	2472	70	Elevatória	Fibrocimento
Adutora	133	90	Elevatória	PVC
Distribuidora	2744	60	Gravítica	Fibrocimento
Distribuidora	792	50	Gravítica	Fibrocimento
Distribuidora	1805	63	Gravítica	PVC
Distribuidora	2363	63	Gravítica	PEAD

Nas figuras 24 e 25, representam-se os cortes esquemáticos da litologia e da geometria que fornecem informações acerca do aquífero a partir da litologia local. A zona onde as três captações foram realizadas, tem como composição gnaisses e quartzodioritos. Assim, a litologia

indica a integração destas formações, no grupo dos aquíferos pouco produtivos da ZOM. Considera-se o aquífero de comportamento livre e de dupla porosidade, poroso na zona de alteração superficial e essencialmente fissurado no domínio mais profundo. (AquaEPS, Lda, 2005)

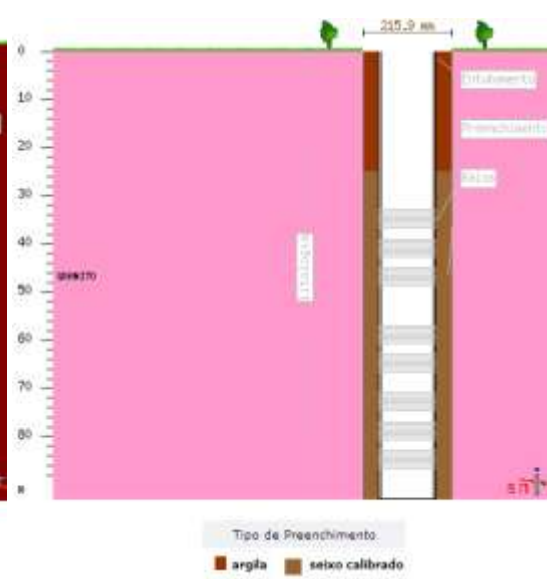
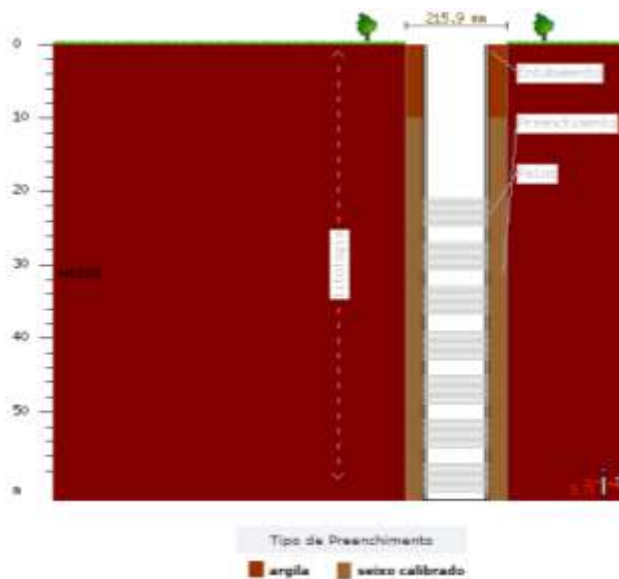


Figura 24 - Litologia e geometria da captação Avelada, (APA, I.P., 2013) Figura 25 - Litologia e geometria da captação Gerador, (APA, I.P., 2013)



Figura 26 - Terrenos envolventes às captações da zona de Évora-Monte, adaptado (Google Maps, 2013)

Relativamente ao uso do solo (figura 26), considera-se a cultura olival e pastorícia extensiva. Refere-se ainda a presença de Sobreiros e Azinhos na região, espécies florestais protegidas.

4.1.7 Zona de abastecimento de Santa Vitória do Ameixal

A zona de abastecimento de Santa Vitória do Ameixal, serve uma população de 450 habitantes. A água que chega á população tem uma ou duas origens consoante a altura do ano, sendo que durante a altura de maior recarga do aquífero, o poço da Granja é a única origem a servir a população. Contudo, na época seca ocorre rebaixamento do nível freático e o poço, de pouca profundidade, seca e a rede passa a receber água da origem Granja que está próxima da anterior. Em situações de emergência é utilizada outra captação de reforço, a das Correias. A água é captada e elevada até ao reservatório de Santa Vitória do Ameixal , com 70 m³ de capacidade e desinfetada com hipoclorito de sódio.

Tabela 15 - Características das captações de Santa Vitoria do Ameixial

Captação	Potência (kW)	Caudal (m ³ /h)	Profundidade (m)
Granja	1,1	6	-
Correias	-	3	-

Tabela 16 - Características das condutas das zonas de abastecimento de Santa Vitoria do Ameixial

Conduta	Comprimento (m)	Diâmetro (mm)	Tipo	Material
Adutora	486	60	Elevatória	Fibrocimento
Distribuidora	1555	60	Gravítica	Fibrocimento
Distribuidora	991	50	Gravítica	Fibrocimento
Distribuidora	3204	63	Gravítica	PVC

A origem de água da Granja localiza-se no aquífero Estremoz-Cano. Com se nas características hidrodinâmicas e na litologia presente nesta captação, de calcários pouco fraturados com intercalações de rochas xistentas, estima-se o meio de comportamento livre, em relação ao sentido do fluxo este será de NE para SW. (AquaEPS, Lda, 2005)



Figura 27 - Terrenos envolventes à captação da Granja, adaptado (Google Mapas, 2013)

Relativamente ao uso do solo, figura 27, consideram-se as vinhas, os olivais e o cultivo de alguns cereais.

4.1.8 Zona de abastecimento de São Bento do Cortiço

A zona de São Bento do Cortiço serve uma população de aproximadamente 600 habitantes. A água que chega à rede, tem origem nos furos da Techocas e em situações de emergência recebe água do furo de reforço de São Bento do Cortiço, onde a água é captada e distribuída. Para evitar falta de água na rede, a captação de São Bento do Cortiço tem um “relógio” para entrar em funcionamento só nas horas de ponta. No entanto, esta zona de abastecimento tem, muitas vezes, falta de água. A água é captada e logo distribuída. Quanto à localização da captação - relativamente ao aquífero em estudo, verifica-se que esta se encontra fora das delimitações do sistema Estremoz-Cano.

Tabela 17 - Características das condutas da zona de abastecimento de São Bento do Cortiço

Conduta	Comprimento (m)	Diâmetro (mm)	Tipo	Material
Adutora	486	60	Elevatória	Fibrocimento
Distribuidora	1555	60	Gravítica	Fibrocimento
Distribuidora	991	50	Gravítica	Fibrocimento
Distribuidora	3204	63	Gravítica	PVC

Relativamente ao uso do solo (figura 28) verifica-se que os terrenos envolventes à captação são de agricultura de Olival e de pastorícia extensiva.



Figura 28 - Terrenos envolventes à captação de São Bento do Cortiço, adaptado (Google Maps, 2013)

4.1.9 Zona de abastecimento de Glória

O sistema de abastecimento de água da Glória serve uma população da freguesia que se estima ser de 450 habitantes. Faz parte deste sistema uma origem de água, que após a captação, a água é transportada para o reservatório de Maria Dona com capacidade de 190 m³ que, por sua vez, abastece a povoação de Maria Dona e transfere parte da água para um segundo reservatório, situado na Herdade das Carvalhas e com capacidade de 80 m³. Mais uma vez, o tratamento é efetuado na captação de água, sendo para tal utilizado o hipoclorito de sódio. Nas tabelas 18 e 19, são apresentados dados que permitem caracterizar a captação e as condutas pertencentes a este sistema de abastecimento.

Tabela 18 - Características da captação Glória

Captação	Potência (kW)	Caudal (m ³ /h)	Profundidade (m)	Sistema Aquífero Estremoz-Cano
Glória	5,5	9	63	Dentro

Tabela 19 - Características das condutas da zona de abastecimento da Glória

Conduta	Comprimento (m)	Diâmetro (mm)	Tipo	Material
Adutora	479	100	Elevatória	PVC
Adutora/Distribuição	3708	110	Gravítica	PVC
Distribuição	12066	63	Gravítica	PVC



Figura 29 - Terrenos envolventes à captação Glória, adaptado (Google Maps, 2013)

Relativamente ao uso do solo que rodeia a captação, constata-se, pela figura 29, culturas de alguns cereais (amarelo) e de vinhas (verde).

4.1.10 Zona de abastecimento de Arcos

A zona de abastecimento de Arcos abastece uma população com aproximadamente 1200 habitantes. A água que chega ao consumidor tem origem nas captações - Zona Industrial e Campo da Bola. Dessas captações a água é captada, armazenada no reservatório de Arcos com 200 m³ de capacidade, sofre desinfecção com hipoclorito de sódio e é distribuída por gravidade. Em situações de emergência é ligado o Olival que abastece diretamente a freguesia de Espinheiro e os reservatórios da Techocas. De referir que o Olival apresenta frequentemente valores de concentração de nitratos acima do limite legislado.



Figura 30 - Terrenos envolventes às captações da zona de abastecimento dos Arcos, adaptado (Google Mapas, 2013)

Relativamente ao uso do solo, na figura 30, verificam-se os seguintes usos dos terrenos - culturas de olival, vinha, sobreiros e cereais. De referir duas explorações de vacas leiteiras nas proximidades.

As tabelas 20 e 21, são apresentados dados que permitem caracterizar a captação e as condutas pertencentes a este sistema de abastecimento.

Tabela 20 - Características das captações da zona de abastecimento dos Arcos

Captação	Potência (kW)	Caudal (m ³ /h)	Profundidade (m)	Sistema Aquífero Estremoz-Cano
Zona Industrial	7,4	11	-	Dentro
Campo da bola	7,4	11	-	
Olival	3,8	6	46	

Tabela 21 - Características das condutas da zona de abastecimento dos Arcos

Conduta	Comprimento (m)	Diâmetro (mm)	Tipo	Material
Adução	1300	90	Elevatória	PEAD
Adução	1022	110	Elevatória	PEAD
Distribuição	3814	100	Gravítica	Fibrocimento
Distribuição	694	90	Gravítica	PVC
Distribuição	1712	75	Gravítica	PVC
Distribuição	9485	63	Gravítica	PVC

4.1.11 Zona de abastecimento de Venda da Porca

Na freguesia de São Bento do Ameixial localiza-se a zona de abastecimento de Venda da Porca com 7 habitantes. A água que chega à população tem origem na captação Venda da Porca. A mesma é captada, armazenada, desinfetada com hipoclorito de sódio e distribuída. A eletrobomba utilizada neste sistema apresenta uma potência de 1,1 kW.



Figura 31 - Terrenos envolventes à captação Venda da Porca, adaptado (Google Mapas, 2013)

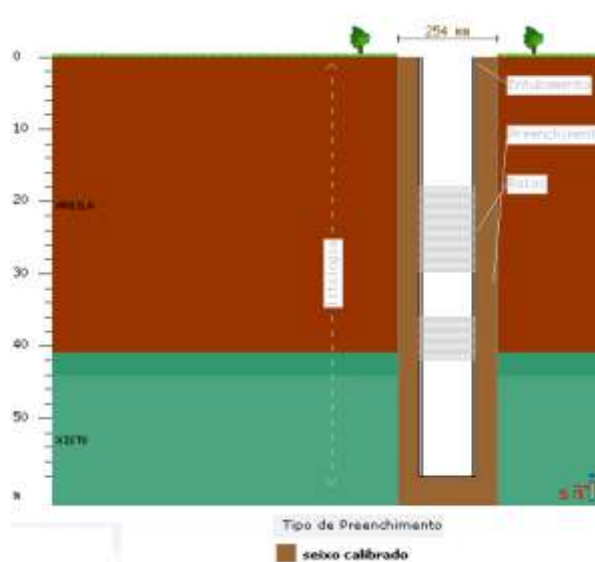


Figura 32 - Litologia da captação Venda da Porca, (APA, I.P., 2013)

Quanto ao uso agrícola do solo representado na figura 31, os terrenos envolventes são cultivados de cereais, olival e vinha.

Atendendo ao corte esquemático apresentado na figura 32, verifica-se com base na litologia, composta por xistos e metavulcanitos, que se trata de um aquífero do grupo de formações da ZOM, de comportamento livre e de dupla porosidade. (AquaEPS, Lda, 2005)

4.1.12 Zona de abastecimento de Santo Estevão

A zona de abastecimento de Santo Estevão, com uma população de aproximadamente 70 habitantes, é abastecida pela captação Nascente Santo Estevão. Uma nascente que foi transformada num reservatório de água, semipermeável, com um sistema de desinfeção de hipoclorito de sódio, gota a gota. Do reservatório/nascente a água é distribuída por gravidade.

Em épocas de reforço é utilizada a captação Santo Estevão. Desta origem, a água é captada até ao reservatório de Santo Estevão com capacidade de 70 m³, desinfetada com hipoclorito de sódio e distribuída por gravidade.

Na tabela 22, estão representadas as características das condutas da zona de abastecimento de Santo Estevão.

Tabela 22 - Características das condutas da zona de abastecimento de Santo Estevão

Conduta	Comprimento (m)	Diâmetro (mm)	Tipo	Material
Adutora/distribuidora	150	60	Elevatória	Fibrocimento
Distribuidora	1145	60	Gravítica	Fibrocimento
Distribuidora	430	50	Gravítica	Fibrocimento

A captação Furo Santo Estevão localiza-se no anticlinal Estremoz-Cano. Não existe um perfil litológico da perfuração, contudo face à litologia presente à superfície, calcários dolomíticos carsificados e fraturados, considera-se o meio do aquífero, cársico fissurado de comportamento livre. (AquaEPS, Lda, 2005)



Figura 33 - Terrenos envolventes às captações da zona de abastecimento de Santo Estevão, (Google Maps, 2013)

Relativamente ao uso do solo, pela figura 33, considera-se vinha, olival e cereais os usos do terreno. No sentido SE da nascente a presença de Sobreiro e Azinho.

4.2 Casos de estudo

Como casos de estudo foram selecionados a Azenha Nova, o Álamo e o Olival. Estas opções basearam-se na necessidade em utilizarem-se as captações para abastecimento público com mais elevada concentração de nitratos.

Tabela 23 – Análises realizadas, em março, abril e junho de 2013, às captações selecionadas para casos de estudo

Captação	Data da recolha da amostra (2013)	Concentração nitrato (mg/L)
Álamo Furo	28 Mar	61
	13 Jun	55
Azenha Nova	28 Mar	89
	24 Abril	91
	13 Jun	77
Olival	28 Mar	40
	13 Jun	29

A tabela 23, representa as análises realizadas nos meses de março, abril e junho deste ano, às captações selecionadas para casos de estudo deste trabalho.

4.2.1 Azenha Nova

A captação designada por Azenha Nova extrai a quantidade de água necessária para abastecer uma parte da freguesia de São Domingos de Ana Loura, constituída por aproximadamente 15 habitantes. Considera-se uma zona não regulada pela ERSAR. Contudo, a entidade gestora procede igualmente ao controlo de qualidade da água. A tabela 24 representa as características da captação.

Tabela 24 - Características da captação Azenha Nova

Captação	Azenha Nova
Potência do grupo eletrobomba (kW)	1,1
Caudal (m ³ /h)	1,6

Como se verifica pela figura 34, a captação encontra-se fora da delimitação do aquífero Estremoz-Cano. Por conseguinte, para se confirmar a tipologia da água subterrânea, realizou-se uma caracterização geoquímica, sendo que o cálculo está representado no anexo A3. O resultado caracterizou a água da Azenha Nova como bicarbonatada cálcica, coincidindo com a fácies dominante do aquífero Estremoz, bicarbonatada cálcica e/ou magnesiânica, ou seja, embora pela análise da seguinte carta a captação esteja localizada em xistos o cálculo da tipologia da água coincidiu com as rochas do aquífero em estudo, isto é calcários.

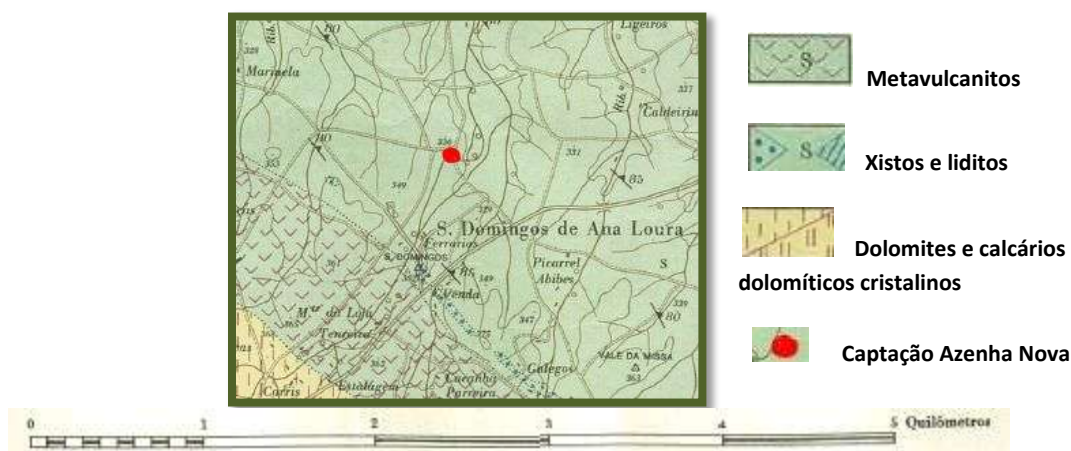


Figura 34 - Enquadramento litológico da captação á escala de 1:50 000 (Carta Geológica de Portugal, 36-B Estremoz, 1972)

Relativamente aos teste de bombagem, não existem dados registados, sendo que por isso não é possível afirmarem-se quais são as características hidrodinâmicas das formações. No entanto, atendendo à composição litológica representada na figura 35, de xistos e liditos do silúrico e à baixa produtividade do aquífero, pode estimar-se os parâmetros hidráulicos usualmente determinados para as formações pouco produtivas da ZOM, com o caudal específico de 0,07 L/s.m, transmissividade de 7 m³/d e condutividade hidráulica 10⁻⁴ cm/s. O sentido do fluxo é influenciado pela morfologia e pela direção da escorrência superficial, SSO-NNE correspondente ao sistema fissural. (AquaEPS, Lda, 2005)

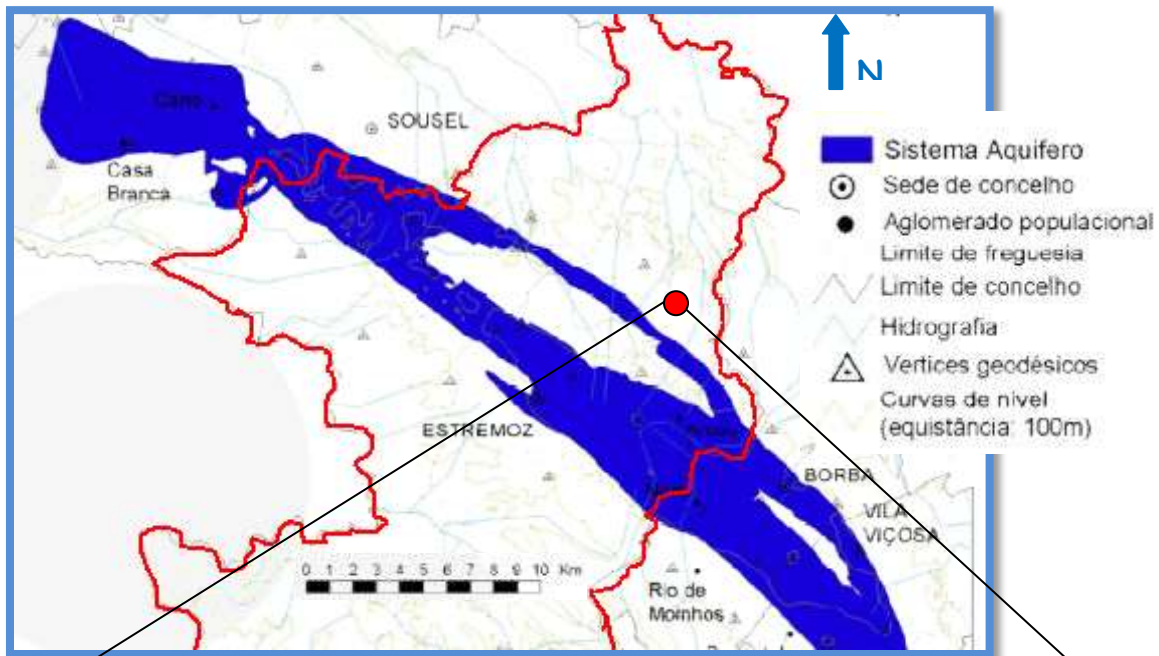


Figura 35 – Enquadramento Geográfico da Azenha Nova, adaptado (Midões, 2009)



Figura 36 - Terrenos envolventes à captações Azenha Nova, adaptado (Google Mapas, 2013)

Segundo dados recolhidos localmente, o processo de adubação das explorações representadas na figura 36 é realizado por técnicos especializados, que efetuam um plano de adubação segundo os valores obtidos por uma análise ao solo. No trigo, o fertilizante específico é aplicado no solo ao mesmo tempo que a semente, em meados de Novembro, sendo que o adubo de cobertura, composto por 27% de ureia é colocado a meados de Abril. A colheita realiza-se em Julho. De referir que todos os anos é semeado um cereal diferente, sendo este ano o trigo semeado, para o ano pode ser a aveia ou a cevada.

Na vinha o fertilizante é colocado em meados de Janeiro, de forma alternada, ou seja, num ano sim no seguinte ano não, sendo este um ano sim. A técnica de aplicação do adubo na cultura é a localizada, ou seja, junto à videira. Conforme o feitor a quantidade de fertilizante aplicada por hectare é variável, sendo superior se o ano for chuvoso. De referir que nem no cereal nem na vinha é utilizado sistema de rega. Os dados recolhidos acerca do tipo e quantidade de fertilizante utilizado e produção prevista, podem ser analisados no anexo A4.

No código de boas práticas agrícolas aconselha-se que as culturas perenes, como a vinha sejam adubadas a partir do Inverno e as sementeiras durante o Outono e o Inverno. Quanto á técnica de adubação, esta deve ser de fundo, com reduzida quantidade de fertilizante na forma amoniacal e ou ureica. Considera-se a agricultura intensiva de vinha e cereal na zona como uma possível fonte de poluição difusa.

Em relação a potenciais fontes de poluição do tipo pontual, verifica-se que ocorre uma descarga direta do efluente doméstico (proveniente de uma população de 200 habitantes), no curso de água da ribeira de S. Domingos de Ana Loura, situada a SSO da captação. No anexo A5, está enquadrada a captação Azenha Nova com a ribeira citada. De salientar que durante muitos anos uma exploração de vacas leiteiras de dimensão considerável, se encontrava nas proximidades desta zona. A exploração em causa tinha uma fossa não impermeabilizada localizada numa nascente de água subterrânea. Atualmente a fossa está selada, salientando-se que e contudo, o processo de encerramento não tenha sido o mais correto.

4.2.2 Álamo

O Álamo é uma captação que faz parte da zona de abastecimento de Estremoz e que pode, em funcionamento abastecer São Bento do Ameixial, uma rede de distribuição próxima de Estremoz e, ainda, aproximadamente 40% da cidade de Estremoz.

A água do Álamo chega a cerca de 3.800 consumidores, sendo captada e armazenada no reservatório Álamo-poço, antes da distribuição. O reservatório consiste numa nascente parcialmente permeabilizada para servir de reservatório. Contudo, a permeabilização não é total sendo a transferência de água entre o Álamo-poço e o aquífero significativa. A tabela 25, representa as características da captação em estudo.

Tabela 25 -Características da captação Álamo

Captação	Álamo
Potência eletrobomba (kW)	11
Caudal (m ³ /h)	58

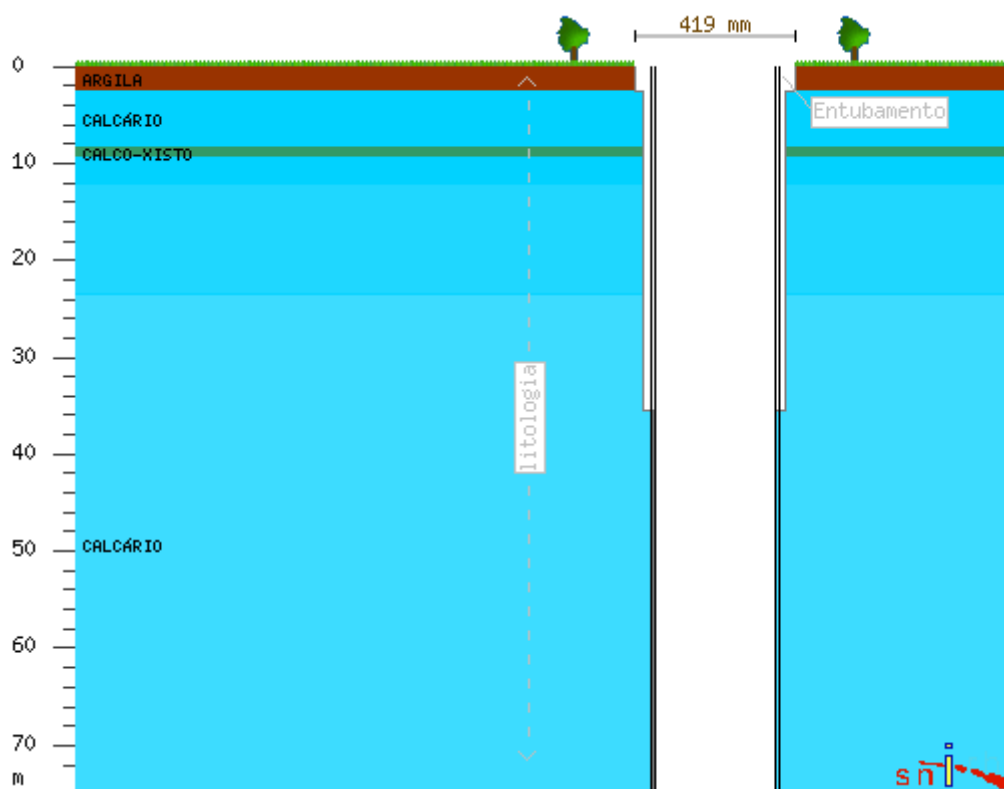


Figura 37 - Litologia e geometria da captação Álamo, (APA, I.P., 2013)

A figura 37 representa a litologia no Álamo, composta por calcários e dolomíticos carsificados. Contudo pela inexistência de elementos sobre o ensaio de caudal não se sabe com rigor as características hidrodinâmicas das formações. Porém atendendo à litologia e dado tratar-se de uma captação sujeita a forte influência dos pontos de água envolventes, admite-se um comportamento do aquífero bastante semelhante ao da captação JK3. Assim adotam-se os parâmetros hidráulicos que foram calculados para aquela captação, isto são caudal específico 3,5 L/s.m, transmissividade 346 m³/d e condutividade hidráulica 0,02 cm/s. (AquaEPS, Lda, 2005)

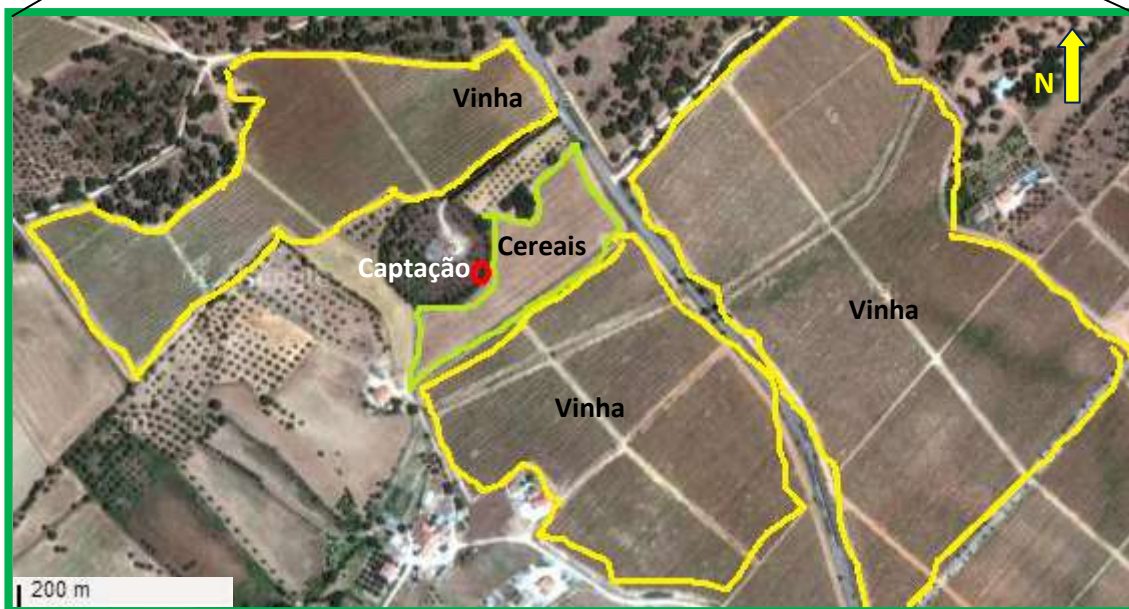
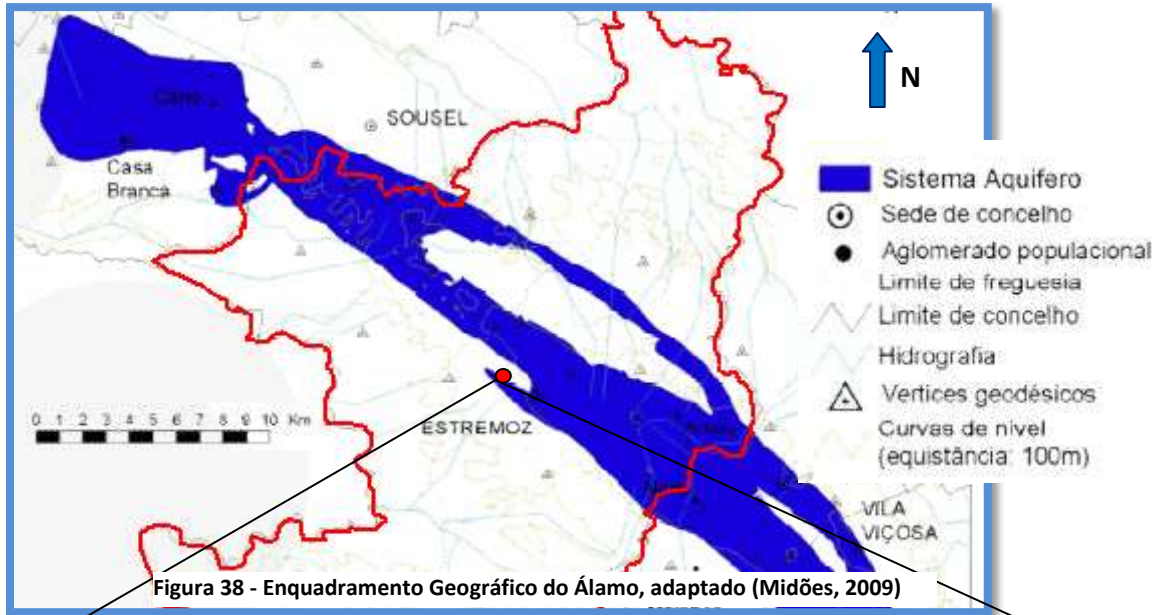


Figura 39 - Terrenos envolventes à captações Álamo, adaptado (Google Mapas, 2013)

A circulação da água no local ocorre em fissuras e fraturas, sendo que segue um escoamento aleatório, segundo as zonas preferenciais. A permeabilidade destas formações considera-se normalmente reduzida, assim a vulnerabilidade à poluição pode considerar-se baixa. Neste caso, a situação geológica-tectónica é favorável à poluição, pois verifica-se o contacto intercalado de vários tipos de rochas, entre os quais o calcário. Os acidentes tectónicos devem ter causado um aumento das fraturas e um alargamento das que já existiam, sendo por isso o escoamento subterrâneo facilitado.

Pela análise da figura 39, referente ao uso do solo dos terrenos que rodeiam a captação, sabe-se que 90% do solo é utilizado em vinha. Um estudo realizado no ano de 1992, sobre esta captação, refere que em tal época, era frequente o uso de fertilizantes para nutrir o solo. Sendo que os adubos utilizados eram o nitrolusal e o nitromagnésio, podendo ser considerado o uso de adubos em excesso, a causa da concentração de nitratos elevada na água pode ser essa.

Segundo informações da entidade responsável pelas explorações, atualmente, a adubação é efetuada no mês de janeiro e aplicada a lanço, ou seja, a aplicação do adubo/corretivo orgânico é realizada por um espalhador de adubo acoplado ao trator, que distribui o mesmo sobre a entrelinha da vinha, sendo que o adubo fica à superfície. O fertilizante não é incorporado para evitar mobilização no solo, assim desfaz-se no mesmo de forma gradual. A rega faz-se nos meses de junho e julho, e é do tipo gota a gota. Os dados obtidos sobre o plano de adubação realizado dos terrenos envolventes à captação estão representados no anexo A4.

A atividade agrícola nos terrenos que rodeiam a captação, pode considerar-se uma potencial fonte de poluição difusa, mesmo que atualmente seja realizada uma prática agrícola eficiente. Conclui-se que nas proximidades da captação, não existem fontes de poluição pontual, como descargas diretas em cursos de água.

4.2.3 Olival

A captação Olival abastece a zona de Arcos, juntamente com mais duas captações. A água é extraída, desinfetada, armazenada no reservatório dos Arcos e distribuída a 1.500 habitantes. Por efeito de diluição, quando a água do Olival com concentração de nitratos superior a 50 mg/L, é misturada com as outras origens, ocorre diminuição da concentração de nitratos na água do reservatório. Contudo, a captação Olival é utilizada quando as outras origens não são suficientes para satisfazer as necessidades da população. Nessa situação, o efeito diluição não é conseguido e a água chega ao consumidor com excesso de nitrato. A figura 40 e a tabela 26, representam as características da captação, litológicas, geométricas e hidráulicas.

Tabela 26 - Características da captação Olival

Captação	Olival
Potência eletrobomba (KW)	3,8
Caudal (m ³ /h)	6

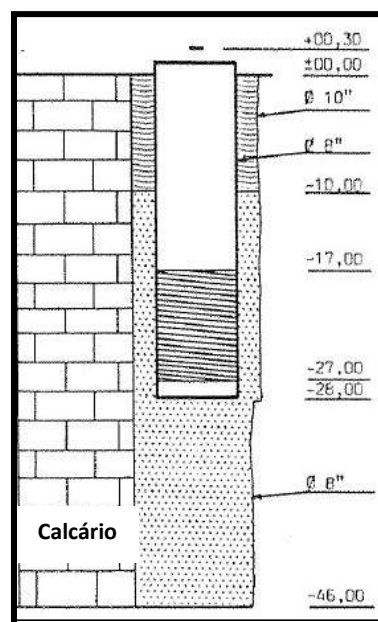


Figura 40 - Perfil litológico e geometria da captação Olival

Como se verifica pela figura 40, o presente caso de estudo localiza-se no sistema Aquífero Estremoz-Cano. Contudo, como não existe um relatório pormenorizado dos ensaios de caudal, não se sabe com rigor as características hidrodinâmicas das formações. A partir do perfil litológico composto por calcário muito cavernoso, estima-se que o meio do aquífero tenha comportamento livre. Segundo informações do proprietário da exploração, o nível piezométrico no período húmido atinge o seu valor máximo, ou seja, nessa altura a interação do escoamento superficial com o subterrâneo é maior, originando-se na época de rebaixamento, maior transporte dos contaminantes da superfície para o subsolo. Segundo estas características, considera-se que a captação é realizada abaixo do nível freático.

Relativamente a eventuais fontes de poluição pontual e/ou difusa, desconhecem-se fontes de poluição pontual. Contudo, considera-se poluição difusa o facto de a captação situar-se no meio de um olival que em tempos foi adubado (figura 42). Segundo informação local o olival não sofre processos de adubação desde 1995. Todavia, não se conhecem os procedimentos atuais de fertilização nos restantes terrenos que envolvem a captação, também eles utilizados na cultura do olival. De referir que outras culturas como cereais e vinha são praticadas em terrenos próximos, do terreno onde se encontra a captação.

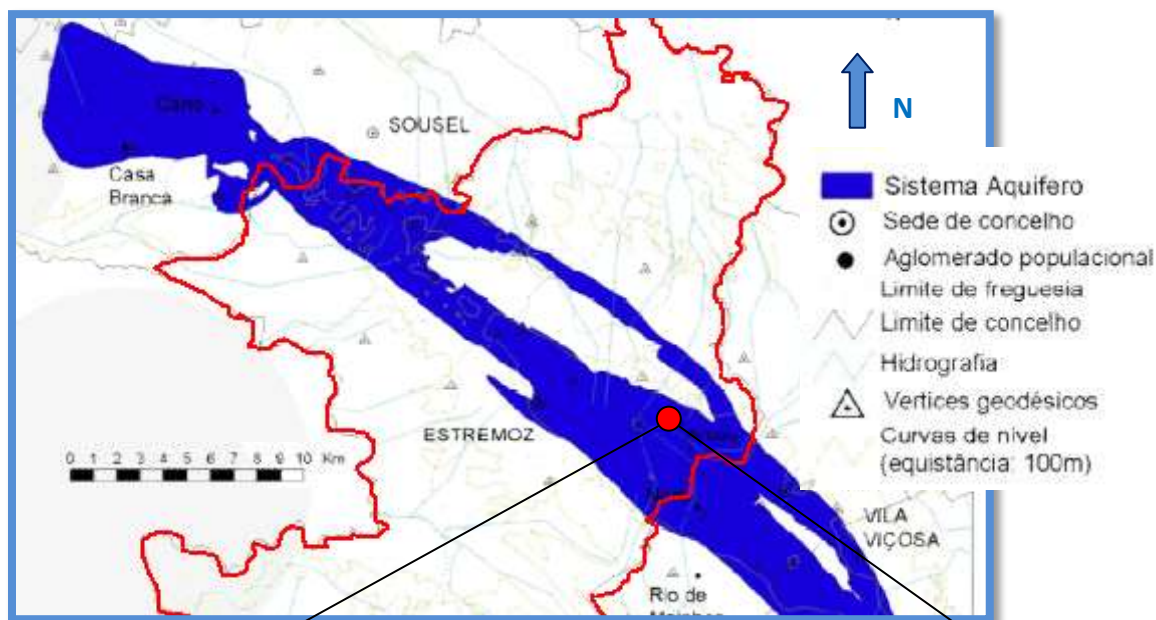


Figura 41 - Enquadramento Geográfico do Olival, adaptado (Midões, 2009)

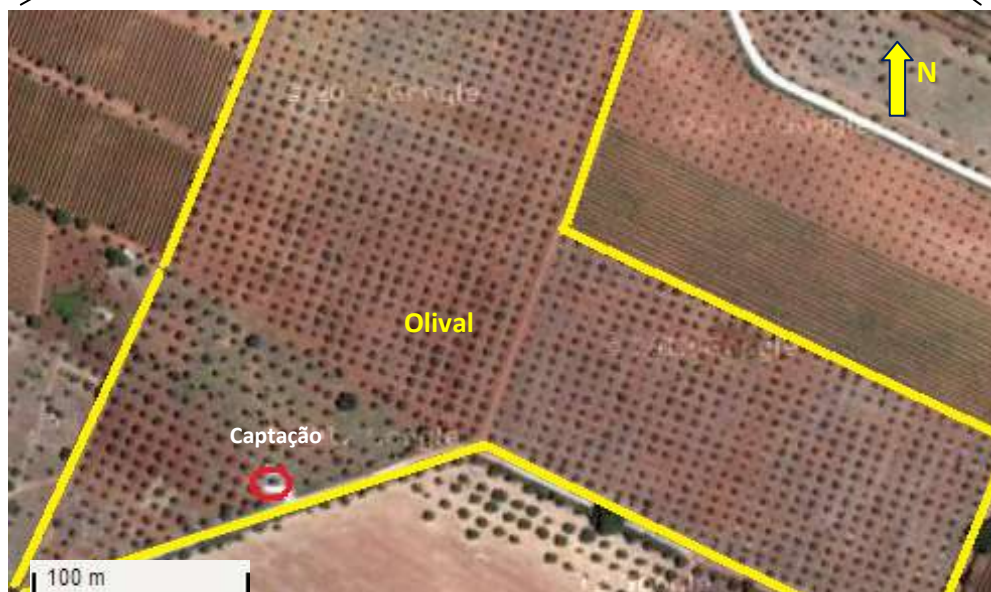


Figura 42 - Terrenos envolventes à captações Olival, adaptado (Google Mapas, 2013)

4.3 Análise de sensibilidade

Com a análise de sensibilidade, pretende-se estudar a influência da alteração da precipitação na concentração de nitrato na água de cada caso. No final dessa avaliação poderá concluir-se se os resultados da concentração são sensíveis ou não à precipitação. A identificação de influência da precipitação na concentração conduz, por exemplo, à definição de prioridades para melhorar a gestão dos lixiviados, de origem agrícola ou das técnicas/épocas de aplicação dos adubos no terreno.

4.3.1 Azenha Nova

Para se retirarem conclusões da relação concentração de nitratos - precipitação é necessário o registo, de pelo menos duas análises a nitratos por ano. Como os dados são escassos, analisa-se a relação pretendida unicamente para os anos 2000 e 2013. De referir que no ano 2000, os registos de precipitação considerados foram os da estação de Vila Viçosa (próxima de Estremoz), por falta de registos na estação de Estremoz. Outro fator a considerar na relação precipitação-concentração de nitrato, é o funcionamento da captação, sendo que neste caso foi contínuo durante todos os anos.

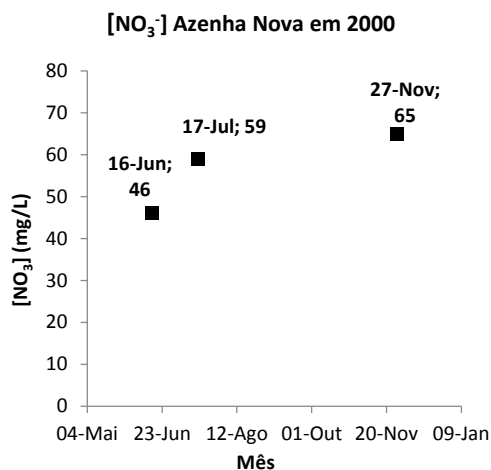


Gráfico 1 - Concentração nitrato na Azenha Nova em 2000

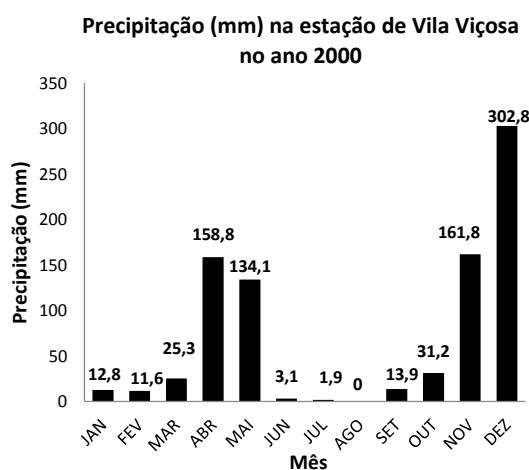


Gráfico 2 - Precipitação na Estação de Vila Viçosa em 2000

Pela análise dos gráficos 1 e 2, do ano 2000, constata-se que ocorreu lixiviação do azoto no solo, devido ao aumento de concentração na água depois de um período de precipitação mais elevada. A aplicação do fertilizante específico nos cereais, que rodeiam a captação, ocorre a meados de Novembro, coincidindo com o mês do aumento da concentração, gráfico 1.

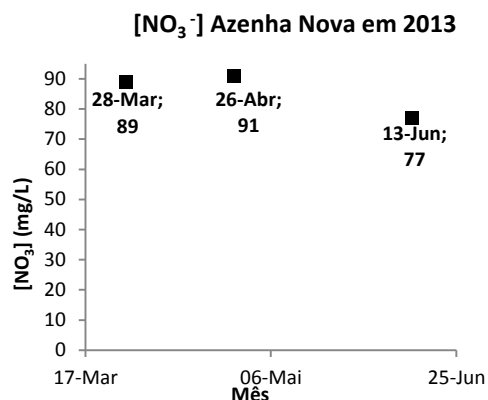


Gráfico 3 - Concentração nitrato na Azenha Nova em 2013

Para o ano 2013, não é possível conhecer valores de precipitação na zona, por falta de divulgação dos mesmos. Contudo, e como nos meses de março e abril foram muito chuvosos e associando esse facto à elevada concentração de nitratos nos referidos meses, estima-se que tenha ocorrido o efeito de lixiviação do contaminante para a água subterrânea. De referir que no mês de junho a concentração diminuiu, coincidindo com a altura de menor precipitação, ou seja, deixou de ocorrer o efeito de lixiviação. Salienta-se que a adubação na vinha ocorre em meados de janeiro/fevereiro e a adubação de cobertura nos cereais ocorre a meados de abril.

A partir da tabela 26, onde estão representadas análises realizadas à água em anos não consecutivos, comprova-se o aumento da concentração ao longo dos anos. Sendo que no ano de 2001 o valor é bastante inferior à média, o que pode indicar erros de laboratório. Contudo, pode verificar-se um incremento do contaminante na água, na ordem dos 40 mg/L, entre os anos 2000 e 2013.

Tabela 27 - Concentração de nitratos na Azenha Nova em anos não consecutivos

Ano e Mês da Análise	Concentração de nitratos na Azenha Nova (mg/L)
Maio (1995)	46
Agosto (2001)	33
Novembro (2002)	60
Julho (2007)	77

4.3.2 Álamo

O primeiro registo sobre a importância do estudo das fontes de contaminação de nitratos no Álamo ocorreu em 1992. Nesse estudo realizaram-se análises às águas subterrâneas próximas e concluiu-se que, as mesmas que são situadas a menos de 500 metros da captação, apresentavam nitratos acima do valor legislado.

A tabela 27, apresenta os dados tratados neste caso de estudo. Salienta-se que esta captação apresenta teores de nitratos elevados desde 1992, segundo estudos encontrados no depósito da Câmara Municipal de Estremoz.

Tabela 28 - Concentração de nitrato na água do Álamo e Precipitação em Estremoz, durante 12 anos não consecutivos

Data de amostragem		Concentração de nitratos Álamo (mg/L)	Precipitação Estremoz (mm)
1993	21-Jan	59	26,4
	14-Abr	70	61,1
	28-Set	61	37,1
2001	22-Mai	72	42,3
	11-Dez	73	10,2
2002	20-Mai	73	16,6
	27-Nov	71	117,4
2003	31-Mar	71	37,0
	8-Out	70	154,9
	2-Nov	70	*
2004	11-Mai	72	29,7
	8-Nov	70	20,1
2005	22-Mar	69	28,3
	12-Out	70	163,8
2006	16-Mai	71	0,2
	6-Nov	47	147,4
2007	7-Mar	43	17,8
	19-Set	27	38,9
2008	06-Mai	69	106,6
	05-Out	67	0,90
2009	06-Mar	61	15,6
	28-Abr	37	*
	19-Out	67	51,6
2010	17-Mar	32	94,0
	28-Jun	61	26,9

*Falha do observador ou dados não informatizados

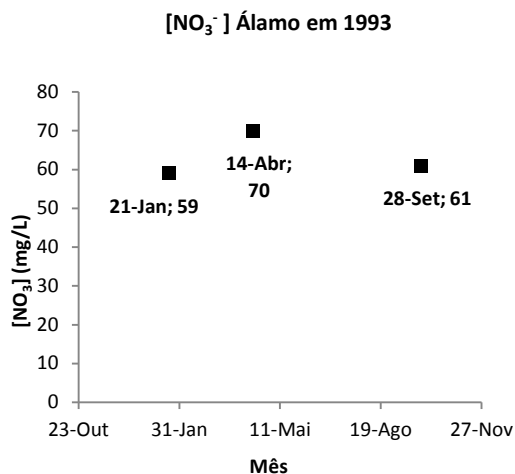


Gráfico 4 – Concentração nitrato no Álamo em 1993

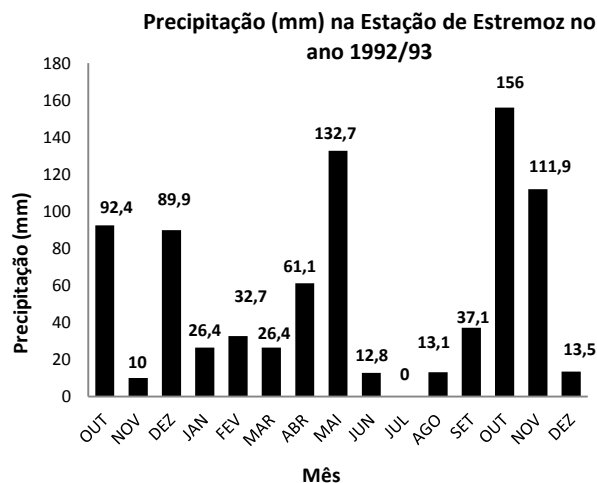


Gráfico 5 – Precipitação na estação de Estremoz em 1992/93

A partir dos gráficos 4 e 5, referentes ao ano 1993, pode estimar-se que a concentração aumenta, do mês de janeiro para abril, devido à infiltração do contaminante por percolação no subsolo e uma vez que nos meses de junho, julho e agosto quase não ocorre precipitação e a concentração na água subterrânea diminui. A captação funcionou durante todo o ano e abasteceu a população de Estremoz e de São Bento do Ameixial.

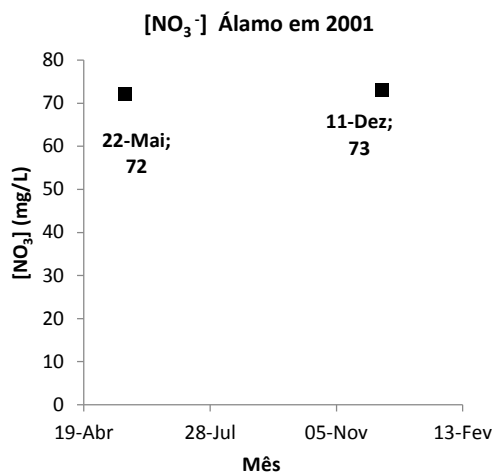


Gráfico 6 - Concentração nitrato no Álamo em 2001

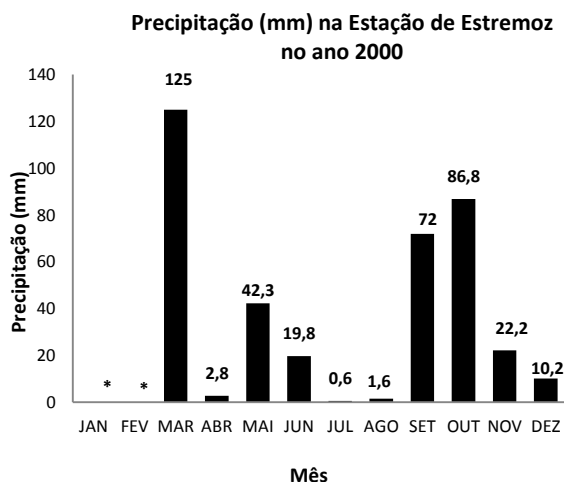


Gráfico 7 - Precipitação na estação de Estremoz em 2000

Os gráficos 6 e 7, relativos ao ano 2001, não apresentam dados conclusivos, pois a diferença de concentração das duas análises não é significativa para se relacionar com a

precipitação mensal. De salientar que, durante este ano, a captação só funcionou em alturas de reforço da rede.

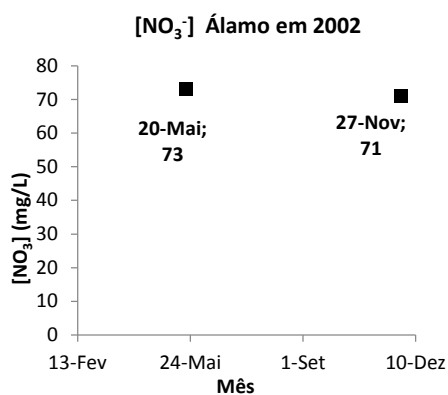


Gráfico 8 - Concentração nitrato no Álamo em 2002

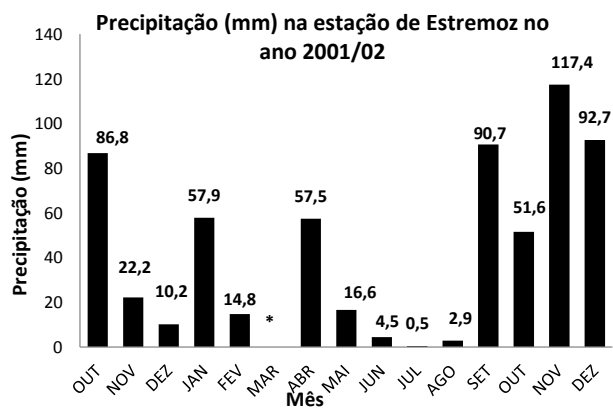


Gráfico 9 - Precipitação na estação de Estremoz em 2001/02

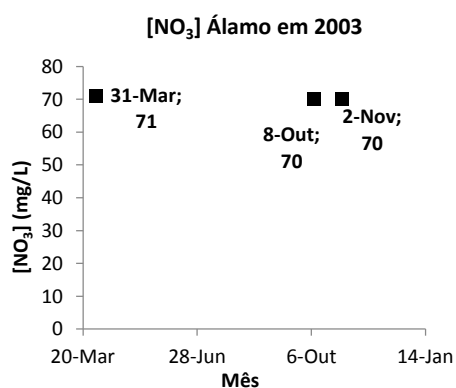


Gráfico 10 - Concentração nitrato no Álamo em 2003

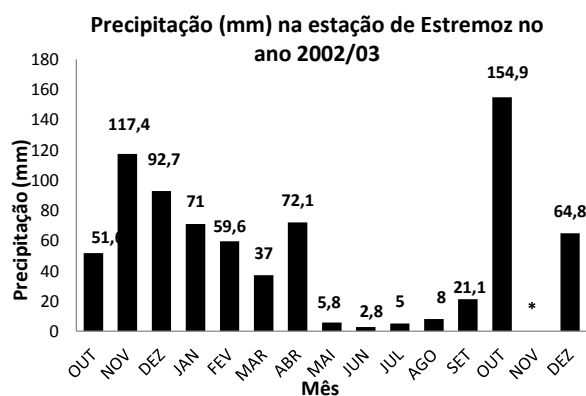


Gráfico 11 - Precipitação na estação de Estremoz em 2002/03

A partir da análise dos gráficos 8, 9, 10 e 11, referentes aos anos 2002 e 2003, verifica-se que embora a diferença da precipitação nos meses das análises em questão seja significativa, nada se pode concluir pois as concentrações não diferem entre si. Nesses anos, a captação funcionou apenas em situação de reforço.

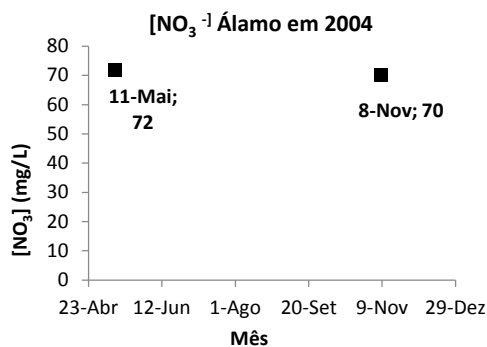


Gráfico 12 - Concentração nitrato no Álamó em 2004

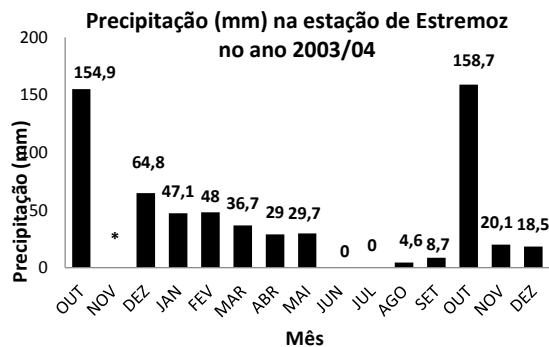


Gráfico 13 - Precipitação na estação de Estremoz em 2003/04

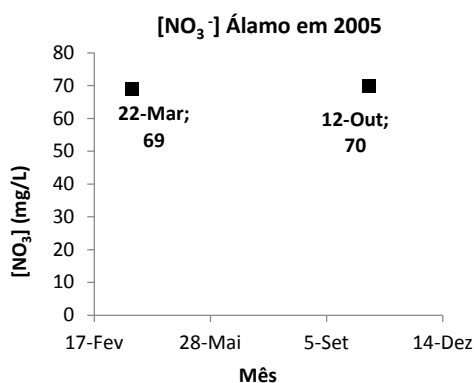


Gráfico 14 - Concentração nitrato no Álamó em 2005

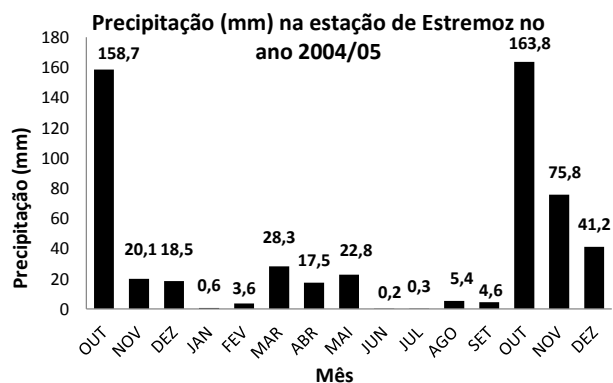


Gráfico 15 - Precipitação na estação de Estremoz em 2004/05

A partir da análise dos gráficos referentes aos anos de 2004 e 2005, nada se pode concluir pois a variação de concentração nos meses em análise não é significativa. Sendo de referir que no ano 2004, estima-se com base na soma de volume total, que a captação foi utilizada cerca de um mês, e no ano 2005 praticamente todo o ano.

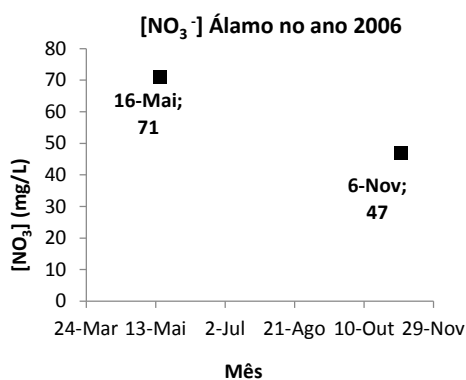


Gráfico 16 - Concentração nitrato no Álamó em 2006

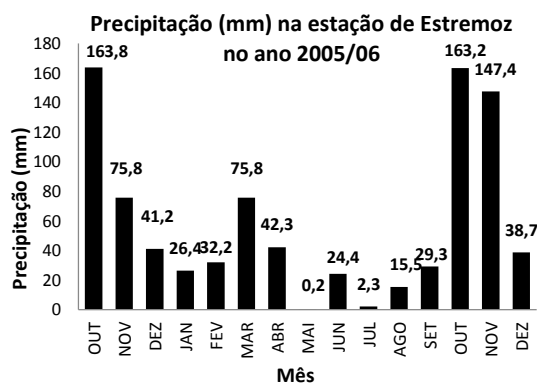


Gráfico 17 - Precipitação na estação de Estremoz em 2005/06

A partir da análise dos gráficos 16 e 17, referentes ao ano 2006, verifica-se uma variação considerável das concentrações de nitrato nos meses em análise. Uma vez que quando a precipitação aumenta a concentração diminui, pode estimar-se que ocorreu diluição do contaminante na água subterrânea nos meses de outubro e novembro. É de salientar que a captação funcionou durante praticamente todo o ano e que época de adubação da vinha é a meados de janeiro.

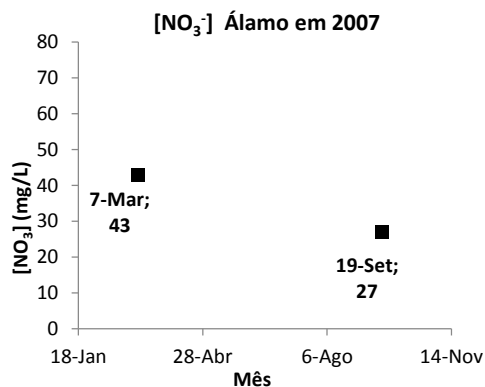


Gráfico 18 -- Concentração nitrato no Álamo em 2007

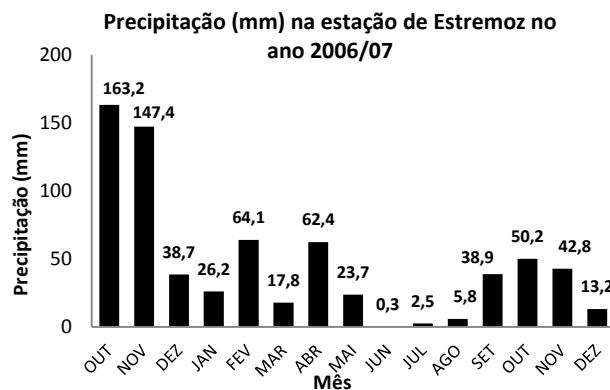


Gráfico 19 - Precipitação na estação de Estremoz em 2006/07

A partir da análise dos gráficos 18 e 19, referentes ao ano 2007, concluiu-se que este ano é atípico relativamente aos nitratos. Sendo que as duas análises realizadas apresentaram valores abaixo do limite legislado. Se comparar com a precipitação, a concentração diminuiu depois de um período de menor precipitação. Desse modo, estima-se que – por falta de recarga superficial durante os meses de junho, julho e agosto, o contaminante não percolou no solo. De referir que a captação funcionou durante, aproximadamente, 3 meses nesse ano de 2007.

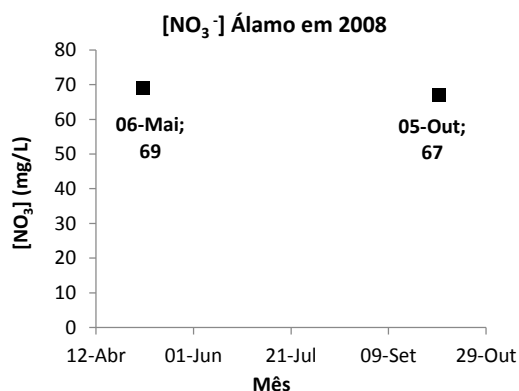


Gráfico 20 - Concentração nitrato no Álamo em 2008

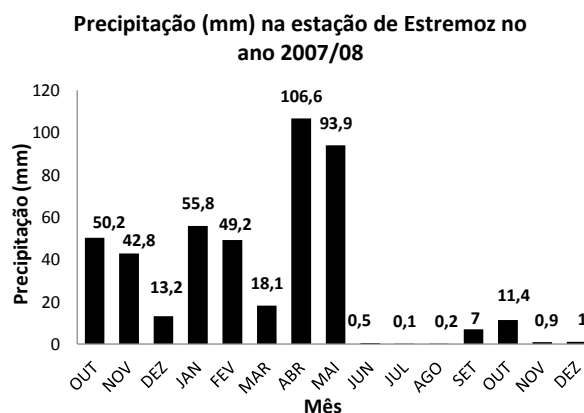


Gráfico 21 - Precipitação na estação de Estremoz em 2007/08

A partir dos gráficos 20 e 21, referentes ao ano 2008, não se verifica relação entre a variação de precipitação nos meses em análise e os valores das concentrações, sendo que estes não variam significativamente. De referir a captação funcionou durante praticamente todo o ano.

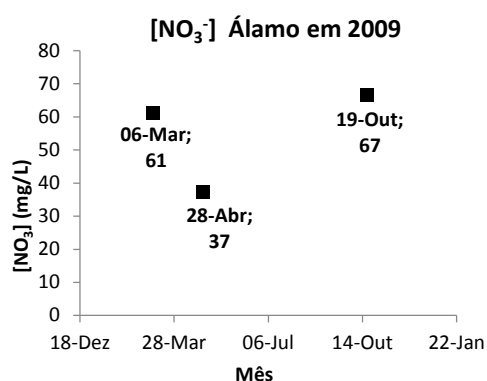


Gráfico 22 - Concentração nitrato no Álamo em 2009

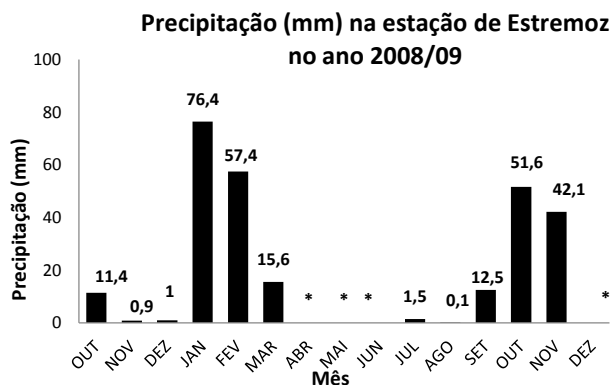


Gráfico 23 - Precipitação na estação de Estremoz em 2008/09

Com base nos gráficos 22 e 23, relativos ao ano 2009, não existem valores registados de precipitação nos meses de abril a junho, sendo que só se pode relacionar a análise da presença de nitratos nos meses de março e outubro. No entanto e sendo que a concentração dessas duas análises não varia, nada se pode concluir. De referir a grande diferença de concentrações das duas primeiras análises, sendo que esta pode ter ocorrido devido, à extração de um maior volume de água, proporcionado a renovação da água do furo com água não contaminada ou, então, por erro de medição no laboratório. De referir que a captação abasteceu a população durante praticamente todo o ano.

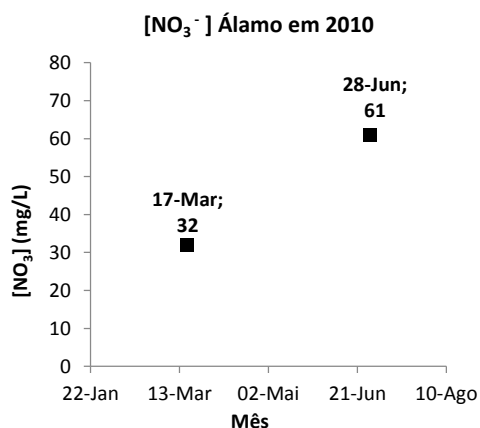


Gráfico 24 - Concentração nitrato no Álamo em 2010

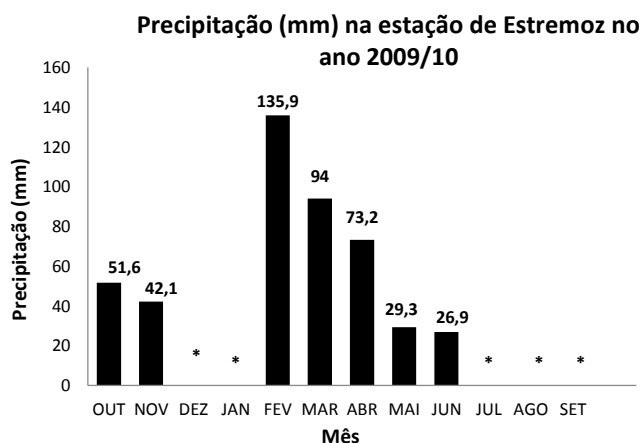


Gráfico 25 - Precipitação na estação de Estremoz em 2009/10

A partir dos gráficos 24 e 25, referentes ao ano 2010, pode considerar-se o efeito de diluição do contaminante, devido à menor concentração de nitrato no mês de março, este com maior precipitação que junho. Contudo como a variação é significativa deve suspeitar-se de erro de laboratório ou de uso excessivo da captação. De referir que a mesma funcionou durante praticamente todo o ano.

4.3.3 Olival

No sistema do Olival os valores das concentrações de nitrato correspondem sempre a uma água de mistura. A água que chega atualmente à população consiste na mistura de três origens, Olival, Campo da Bola (CB) e Zona Industrial (ZI), com respetivos caudais captados 6 m³/h, 11 m³/h e 11m³/h. Na tabela 28, estão indicadas origens utilizadas em cada ano, o caudal captado, o tempo estimado de funcionamento de cada captação, a concentração e a precipitação dos meses em análise.

Tabela 29 - Concentração de nitrato na água do Olival e Precipitação em Estremoz, entre 2007 e 2010

Data de amostragem	Concentração de nitratos na água do consumidor em Arcos (mg/L)	[NO ₃] Olival (mg/L)	Precipitação Mensal na estação de Estremoz (mm)	Origens de água
2007	10-Jan 6		26,2	Olival (6 m ³ /h) + Techocas (15 m ³ /h)
	18-Abr 53		62,4	
	11-Jul 40		2,5	
	10-Out 31		50,2	
2008	23 Jan. 46		55,8	
	16 Abr. 24		106,6	
	16 Jul. 27		0,1	
	15 Out. 32		0,9	
2009	21 Jan. 33		76,4	CB (11 m ³ /h) + ZI (11 m ³ /h) + Olival (reforço) (6 m ³ /h)
	6 Mar. -	57	15,6	
	15 Abr. 42		*	
	15 Jul. 10		1,5	
	21 Out. 16		51,6	
2010	20 Jan. 6,8		*	
	21 Abr. 21		73,2	
	21 Jul. 18		*	
	20 Out. 16		*	

*Falha do observador ou dados não informatizados

No mês junho do ano 2009 estiveram funcionamento as captações, designadas por CB e ZI, a partir dessa data, a captação do Olival passou a ser utilizada como reforço (em casos de perdas na rede ou de rebaixamento do nível piezométrico das outras origens), sendo que, em 2009, trabalhou aproximadamente 104 dias e em 2010 aproximadamente 35 dias (dados obtidos a partir

do volume da água extraída). Neste caso, não se procede especificamente a uma análise de sensibilidade, concentração de nitratos – precipitação. Realiza-se, no entanto, uma discussão sobre a possível contribuição da captação contaminante (Olival), na água consumida.

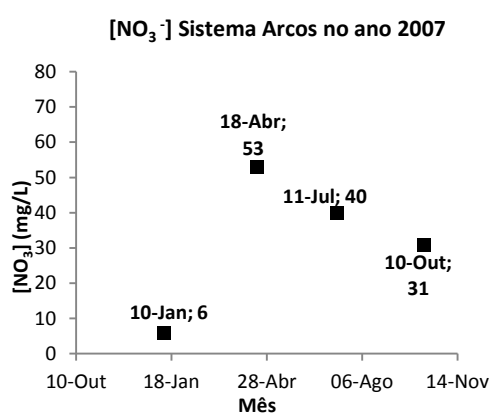


Gráfico 26 - Concentração nitrato nos Arcos em 2007

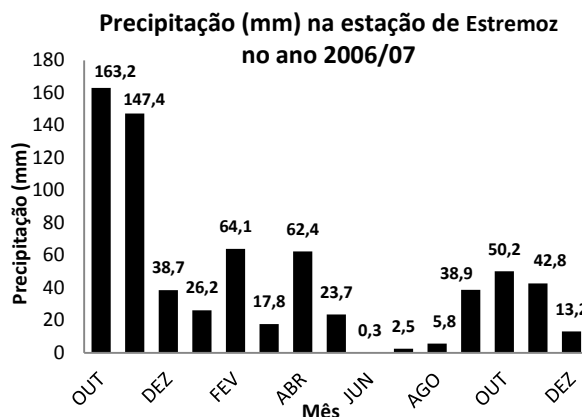


Gráfico 27 - Precipitação na estação de Estremoz em 2006/07

Ocorreram no ano 2007 perdas consideráveis na rede de distribuição de Arcos, devido a variadas ruturas nas condutas. É esta a razão por se ter passado a bombear 35m³/h de água das Techocas (em vez de 15 m³/h) em conjunto com os 6 m³/h do Olival. Contudo, pode constatar-se que o Olival contribuiu na elevada concentração de nitratos, na água do consumidor nos meses de abril e julho. De referir que, no dia 18 de abril, realizou-se, em mais de um ponto de amostragem, e verificou-se que a concentração de nitratos na água variava. Como causas para esse facto podem apontar-se diversas razões entre as quais está a prática do furo particular, ou seja, para uso privado, que é muito comum na zona e a possível injeção direta da água do Olival na rede.

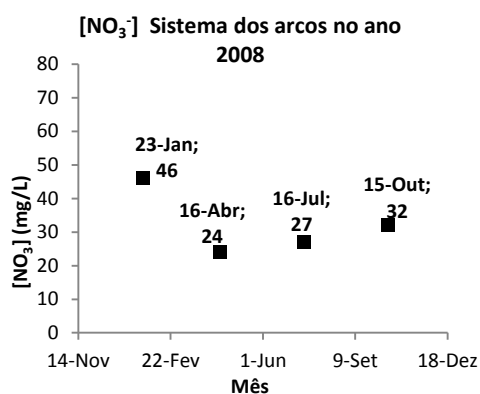


Gráfico 28 - Concentração nitrato nos Arcos em 2008

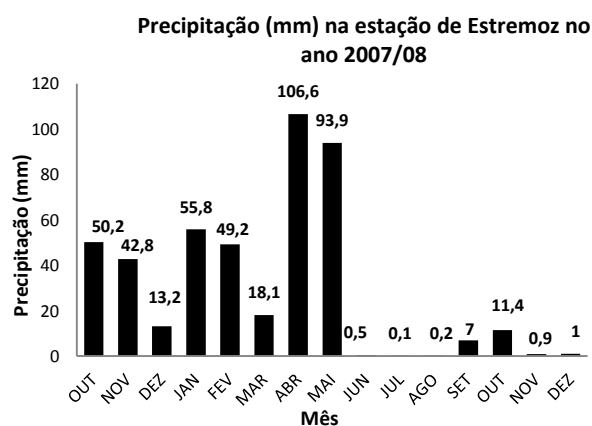


Gráfico 29 - Precipitação na estação de Estremoz em 2007/08

A partir dos gráficos 28 e 29, referentes ao ano 2008, pode verificar-se que a contribuição do Olival no sistema ocorreu em janeiro. Nas restantes análises a concentração do Olival estima-se que tal contribuição tenha sido inferior, pois com a mistura das origens a concentração dos nitratos não foi superior a 32 mg/L.

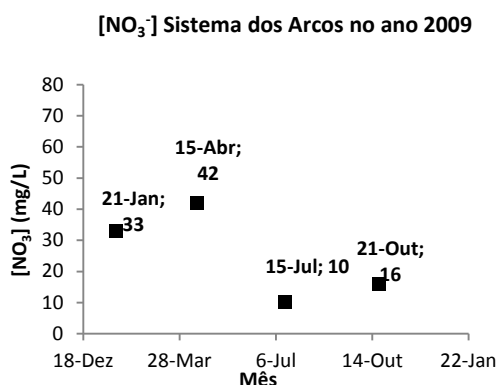


Gráfico 30 - Concentração nitrato nos Arcos em 2009

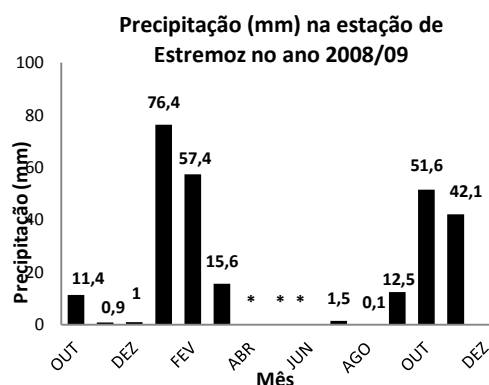


Gráfico 31 - Precipitação na estação de Estremoz em 2008/09

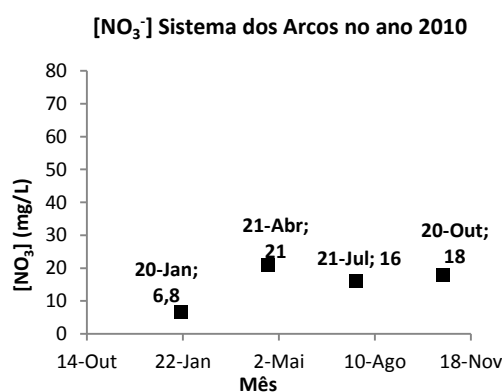


Gráfico 32 - Concentração nitrato nos Arcos em 2010

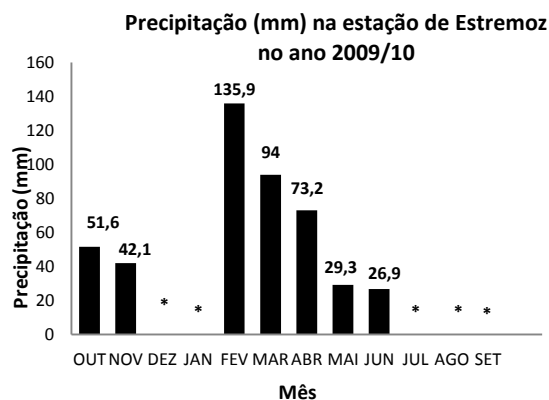


Gráfico 33 - Precipitação na estação de Estremoz em 2009/10

A partir da análise dos gráficos 30 a 33, referentes aos anos 2009 e 2010, verifica-se que o valor de nitratos na mistura das águas nunca excedeu o limite legislado. De referir a possibilidade do Olival ter funcionado no mês de abril de 2009, quando a água tem uma concentração mais elevada.

4.4 Conclusões - Medidas preventivas

Com base no estudo das três captações referidas anteriormente, verifica-se, no geral, que a falta de análises de nitratos impede que se conclua com maior certeza a relação concentração de nitratos - precipitação. Assim, recomenda-se a monitorização da concentração do ião nitrato na captação ou nas captações contaminadas, ou seja, o registo de pelo menos uma análise por mês, para se verificar a evolução do mesmo e tirarem-se assim conclusões mais rigorosas, acerca da influência da precipitação no nitrato na água.

Relativamente à captação do Álamo, por se encontrar numa zona calcária muito fraturada, pode considerar-se uma maior influência do escoamento subterrâneo no movimento dos contaminantes no subsolo. Contudo, verifica-se o efeito de lixiviação mais significativo que o de diluição. No caso da captação da Azenha Nova, mesmo com poucos dados de concentração em análise, considera-se uma maior influência do escoamento superficial no aumento do contaminante na água extraída, tendo maior influência o efeito de lixiviação. De referir que as alturas de maior quantidade de nitrato na água da Azenha Nova, coincidem com as épocas de adubação da vinha e dos cereais.

Da análise de sensibilidade e do uso do solo dos terrenos envolventes às captações, estimam-se como fontes de poluição da captação da Azenha Nova - poluição pontual - a rejeição do efluente não tratado na linha de água próxima da captação; poluição difusa - utilização em excesso dos adubos nos terrenos envolventes durante muitos anos. Na captação do Álamo, refere-se a poluição difusa, como a única fonte de contaminação de nitratos. Durante muitos anos, os terrenos envolventes à captação foram adubados em excesso, embora atualmente se pratique uma gestão eficiente do solo. No entanto, continuam a sofrer-se as consequências do passado. No caso da captação do Olival, embora o terreno onde está a captação não seja atualmente adubado e se desconheça as adubações realizadas nos envolventes a esse consideram-se as potenciais causas de contaminação: poluição difusa - de difícil identificação devido à intensa atividade agrícola da zona; localização da captação numa zona de recarga rápida, feita ao longo de todo o terreno, arrastando o nitrato para o subsolo.

Existe um programa de ação (Portaria n.º 259/2012 de 28 de Agosto), para a zona vulnerável do aquífero Estremoz-Cano. Este documento é importante e deve ser seguido pelos agricultores, pelo menos na parte relativa às épocas de aplicação e na limitação das quantidades

de azoto a aplicar na cultura, sendo que e no entanto, falta o principal para se garantir a aplicação do plano de ação, isto é, a mobilização dos agricultores para o cumprimento da lei. Considera-se insuficiente o incentivo monetário a partir dos subsídios, até porque só as grandes explorações recorrem a esse tipo de apoio, sendo que a maioria dos terrenos em causa são pequenas explorações agrícolas.

A mudança de atitude deve ser a solução e deve ser considerada a disponibilidade da DRAP do Alentejo em fornecer técnicos especializados às associações de agricultores. Numa primeira fase, deve ser efetuado o esclarecimento dos mesmos, explicando-lhes os conceitos e as técnicas a serem realizadas para o cumprimento dos objetivos ambientais. Sendo que numa segunda fase, deve ser feita a fiscalização da exploração, para verificar o cumprimento e a aplicação dos conhecimentos adquiridos anteriormente.

Outra forma de evitar os problemas associados à contaminação de águas subterrâneas, consiste num estudo de impacte ambiental antes de se executar uma captação para abastecimento público. A elaboração de um estudo integrado que considere o tipo de explorações agrícolas existentes no local, o ciclo hidrológico e a vulnerabilidade daquele ponto à contaminação evitam o que depois tem de ser remediado. A não consideração da prática comum em recorrer a captações subterrâneas para uso privado, também minimiza o risco de contaminação e de sobre-exploração do aquífero. Na realidade, a metodologia habitual que se baseia na construção de captações, preferencialmente na época seca, quando os níveis piezométricos das captações em funcionamento rebaixam e deixam de satisfazer as necessidades da população é, como é óbvio, a prioridade, não se refletindo nas consequências dessa ação no futuro, principalmente e relativamente à qualidade da água extraída.

A implementação de uma abordagem de gestão integrada no sistema de abastecimento público, considera-se essencial para que, no futuro, haja na região água em quantidade, com qualidade desejada e de modo a satisfazer as necessidades da população. Uma gestão integrada, que considere em conjunto todos os usos da água do aquífero Estremoz-Cano, a nível da eficiência económica, equidade e sustentabilidade ambiental.

5 Tecnologias de Tratamento

Neste capítulo escolhe-se a tecnologia de tratamento mais adequada para cada caso de estudo, a partir da aplicação da ferramenta custo-eficácia às duas tecnologias que se encontram no mercado para remoção de nitratos, permuta iónica e osmose inversa. Realizaram-se os cálculos dos custos totais associados à implementação das tecnologias e determinou-se a massa de poluente reduzido por ano, para cada tecnologia. Finalmente calculou-se o valor custo-eficácia e escolheu-se a opção com maior redução de poluente possível ao mais baixo custo.

De salientar que não se integrou no estudo a tecnologia reator biológico, por esta apresentar à partida desvantagens que a tornam inviável nos casos de estudo, como o facto de só ser eficiente em condições de funcionamento contínuo a caudal constante, o que não acontece em captações com uso em épocas de reforço, e também por utilizar microrganismos no processo que podem condicionar as etapas de tratamento da água com fim potável.

O conjunto de equações representadas seguidamente foram utilizadas o cálculo do custo-eficácia (CE) para cada tecnologia, em cada caso de estudo.

$$CI \left(\frac{\text{€}}{\text{ano}} \right) = I \times r \times \frac{(1+r)^{It}}{(1+r)^{It}-1}$$

Equação 1

$$CV \left(\frac{\text{€}}{\text{ano}} \right) = \sum (A \times P)$$

Equação 2

$$CO \left(\frac{\text{€}}{\text{ano}} \right) = I \times o$$

Equação 3

$$CA \left(\frac{\text{€}}{\text{ano}} \right) = (CI + CO) + CV$$

Equação 4

$$CE \left(\frac{\text{€}}{\text{mgNO}_3^- \text{ reduzido}} \right) = \frac{CA \text{ (€/ano)}}{\text{Redução do contaminante (mg/ano)}}$$

Equação 5

CI - Investimento anual (€/ano)

I - Investimento (€)

r - Taxa de depreciação (fração)

It - Tempo de vida do equipamento (anos)

CO - Custo operacional (€/ano)

o - Fração do investimento (fração)

CV - Custo variável (€/ano)

A - Atividades (consumo anual de materiais)

(unidade / ano)

P - Preço unitário (€/unidade)

CA - Custo total anual (€/ano)

CE – Custo-Eficácia (€/mgNO₃⁻ reduzido)

5.1 Tecnologias de Tratamento – Azenha Nova

A zona de abastecimento da Azenha Nova tem uma população de aproximadamente 15 habitantes. Considerando uma capitação de 100 L/hab.dia o consumo médio diário de água da população é de 1500 litros; contudo pelo registo do gasto energético dos equipamentos da captação constata-se que o consumo diário é inferior ao referido anteriormente.

No ano de 2004, a entidade gestora optou pela permuta iónica para remover o ião nitrato, sem recorrer a estudos/propostas de outras tecnologias. Assim, adquiriu todo o equipamento necessário a implementar a tecnologia no ano 2005. Dessa forma, como já se faz remoção de nitratos, o que se pretende é confirmar que a escolha, permuta iónica foi a mais adequada para as características do problema.

5.1.1 Permuta Iónica

Na figura 43, está representada a tecnologia atualmente em funcionamento na Azenha Nova. A água contaminada é captada e injetada na coluna passa pelo leito filtrante, onde ocorre a troca iónica, o nitrato fica retido na resina e a água sai da coluna tratada. Sendo depois injetada uma solução de hipoclorito como desinfetante, a partir de uma bomba doseadora na conduta que liga á rede de distribuição.

Consoante o caudal e o tempo de retenção a coluna regenera automaticamente, utilizando para isso a solução de cloreto de sódio contida no recipiente designado salmoura. Essa solução retira uma percentagem de contaminante da resina, fornecendo o ião cloreto ao meio, para que ocorra novamente a retenção do ião nitrato. O efluente de regeneração é rejeitado no exterior da “caseta”, a um metro da captação.

De referir que a resina seletiva foi mudada nos anos 2008 e 2011, ou seja, a necessidade de trocar o leito filtrante ocorre de três em três anos, sendo que este depende das características da água. Quando esta apresente matéria orgânica em excesso o tempo de vida da resina é menor, devido à degradação causada pelos microrganismos eventualmente colonizados nas superfícies da resina (*fouling*).

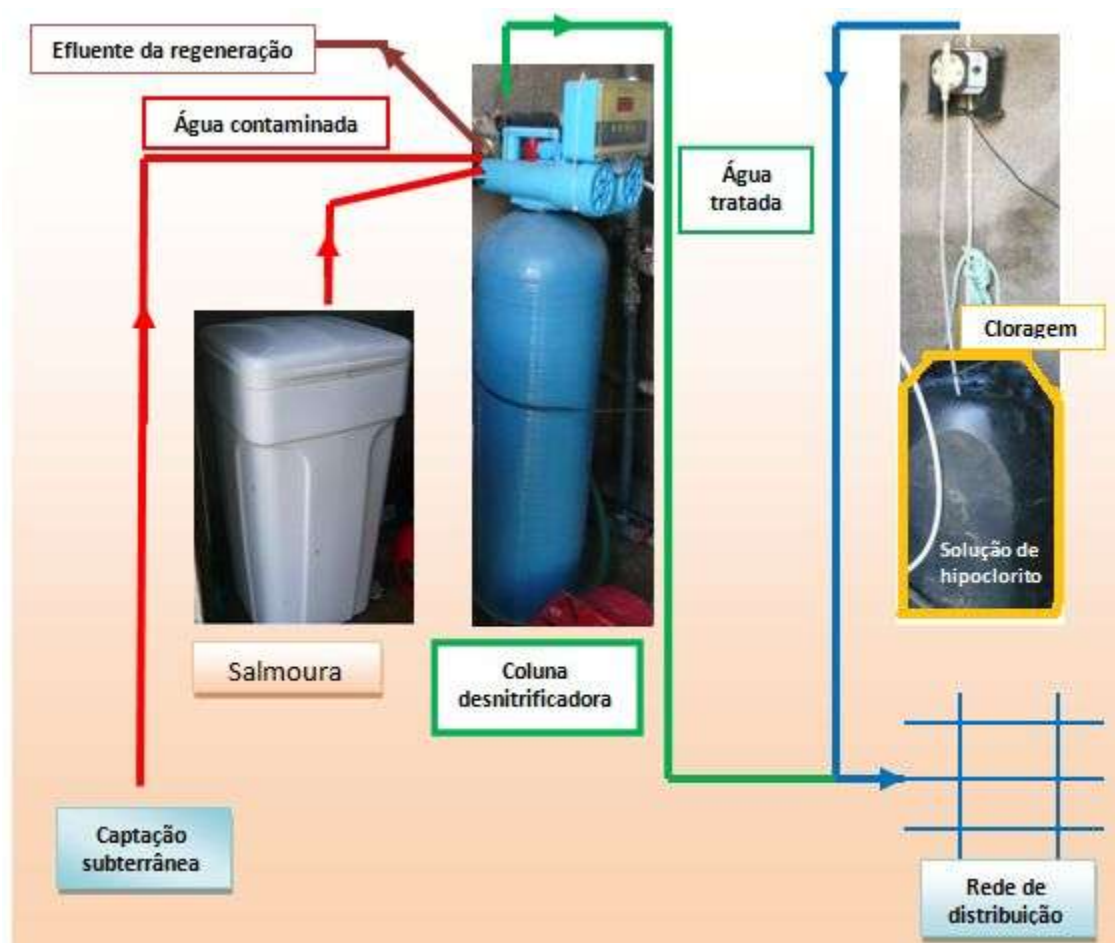


Figura 43 – Esquema da tecnologia instalada na Azenha Nova, a permuta iónica

5.1.2 Osmose Inversa

O sistema de tratamento com osmose inversa segue as seguintes etapas, pré-oxidação, filtração multimédia, pré-tratamento anti incrustante e redutor, e a osmose inversa com mistura regulável a 25%, segundo (Enkrott - Centro Gestão e Tratamento de Águas Lda, 2013). As características químicas e microbiológicas da água bruta foram consideradas no dimensionamento do equipamento em questão. De referir que a água apresenta contaminação fecal e a concentração de cloreto é de 140 mg/L.

Seguidamente encontra-se representado nas tabelas 31 e 32, os equipamentos da osmose inversa e as suas características, aplicados no caso de estudo Azenha Nova.

Tabela 31 - Equipamentos e características da Pré-oxidação e Filtração na Azenha Nova

Pré-oxidação + Filtração	
Contador volumétrico (1un)	$Q_{\text{nominal}}=3,5\text{ m}^3/\text{h}$
Bomba doseadora (1un):	$Q_{\text{max.}}=3,9\text{E-}3\text{ m}^3/\text{h}$, $P_{\text{max.}}=7,5\text{ bar}$
Sonda de nível mínimo (1un):	Para encravar a bomba doseadora quando tem falta de produto químico no depósito;
Depósito de PEAD:	100 L de capacidade
Hipoclorito de sódio	100 Kg (13% cloro)
Eletrobomba (1un):	Pot.= 900W; $Q= 4,5\text{ m}^3/\text{h}$ $P=35\text{ m.c.a}$
Filtro (1un):	Lavagem automática, para tirar turvação, com diversas camadas filtrantes como a antracite;

Fonte: (Enkrott - Centro Gestão e Tratamento de Águas Lda, 2013)

Tabela 30 – Equipamentos e características do Pré-tratamento e Osmose Inversa na Azenha Nova

Pré-tratamento + Osmose Inversa	
Contador volumétrico	$Q_{\text{nominal}}=3,5\text{ m}^3/\text{h}$
Bomba doseadora (2un)	$Q_{\text{max.}}=4,4\text{E-}3\text{ m}^3/\text{h}$, $P_{\text{max.}}=10\text{ bar}$
Detetor de fluxo (2un)	-
Sonda de nível (2un)	-
Deposito PEAD (2un):	200 L de capacidade
ENK RO 191 (100Kg):	Produto químico (anti-incrustante);
ENK BS 10 (100Kg):	Produto químico (agente redutor)
Controlador Redox (1Cj)	Encravamento do tratamento de água, em caso de fuga de cloro para a osmose inversa
Corpo de filtro (2Cj):	Capacidade de 31 células de filtração, grau de filtração de 25 a 1 microns e 20" altura
Unidade de Osmose inversa (1Cj)	Com 3 membranas, montadas num chassis rotâmetro de produção, esgoto e recirculação, depósito de água para "flushing"

Fonte: (Enkrott - Centro Gestão e Tratamento de Águas Lda, 2013)

5.1.3 Custo-Eficácia (Azenha Nova)

Na equação 6, estão representados os cálculos realizados para se obter as quantidades de nitrato removidas pelos sistemas de tratamento de permuta iónica e osmose inversa. Foram consideradas como concentração inicial e final do contaminante, respetivamente a concentração de nitratos na água bruta e na rede, ou seja, antes de passar pela coluna e depois de passar pela coluna de permuta iónica instalada no local. Estes valores foram obtidos a partir de uma análise à água realizada no mês de Abril deste ano. Na osmose inversa a concentração final considerada foi a estimada pela proposta da empresa de tratamento, sendo que a inicial, água bruta, é igual à da permuta iónica.

$$\text{Redução contaminante} \left(\frac{\text{mg}}{\text{ano}} \right) = (C_{\text{inicial}} - C_{\text{final}}) \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times \frac{1\text{ m}^3}{1000\text{ L}} \times 1,6 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \times 24\text{ h} \times 365\text{ dias}$$

Equação 6

No cálculo do intervalo de regeneração da resina, fator importante no custo do consumo do sal, entra em consideração a concentração de nitratos e de sulfatos na água bruta, dado que como referido anteriormente as resinas seletivas aniónicas fortes apresentam afinidade primeiro aos nitratos mas depois aos sulfatos. No anexo A7, estão representados os dados e os resultados dos cálculos realizados para se obter o CE da permuta iónica. Os produtos químicos da osmose, anti incrustante (ENK RO191) e o agente redutor de cloro (ENK BS10), foram os considerados para o cálculo dos custos variáveis. No anexo A10, apresentam-se os dados, resultados dos cálculos realizados para se obter o CE, e características técnicas OI. No anexo A6 está representada na figura 48 a unidade de OI a implementar.

Tabela 32 – Custo-eficácia da permuta iónica e da osmose inversa na Azenha Nova

	Permuta Iónica	Osmose Inversa
Concentração inicial (mg/L)	90	90
Concentração final (mg/L)	40	30
Caudal de água tratada (m ³ /L)	1,6	1,6
Funcionamento por dia (h)	24	24
Redução do poluente (mg/ano)	701	841
Dias de funcionamento por ano	365	365
Investimento (€)	2680	37000
Taxa de depreciação (fração)	0,1	0,1
Tempo de vida (anos)	10	10
Investimento anual (€/ano)	436	6022
Custo variável (€/ano)	4096	2066
Custo anual total (€/ano)	4532	8287
Custo-Eficácia (CE) (€/mgNO ₃ removido)	6	10

Segundo a tabela 32, verifica-se que a redução da concentração inicial do contaminante pela osmose inversa é superior relativamente ao mesmo volume de água tratada pela permuta iónica. Os custos variáveis na permuta são significativamente superiores aos da osmose, contudo como o investimento anual da osmose é bastante superior ao da permuta, no cálculo do custo anual a permuta iónica apresenta aproximadamente metade do custo da osmose. Dessa forma, segundo o CE de cada tecnologia escolhe-se a permuta iónica, pois é a que apresenta redução admissível do poluente a mais baixo custo.

Contudo salienta-se que no cálculo dos custos anuais, foram considerados somente os custos de investimento e alguns custos variáveis. Desprezaram-se os custos energéticos e de

manutenção na contabilização dos custos anuais das duas tecnologias. Como o tempo de vida útil depende do tipo de utilização do equipamento, do nível de limpeza e do tipo de água que trata, optou-se por escolher o mesmo para as duas tecnologias.

No cálculo dos custos variáveis, os que dependem do funcionamento dos equipamentos, considerou-se na permuta iónica, o consumo de sal e de resina, e na osmose inversa o consumo dos produtos químicos e das membranas. Na OI desprezou-se o consumo do filtro, visto a turvação na água bruta ser insignificante. Pelo menos 25% da água na osmose inversa é perdida no processo de lavagem das membranas, sendo que também neste processo não foram contabilizados os gastos da energia elétrica.

Visto a concentração de cloretos na água bruta ser elevada, recomenda-se a monitorização da concentração de cloretos na água tratada por esta tecnologia, dado que a tendência é dos cloretos aumentarem na água depois de esta passar pela resina aniónica.

5.2 Tecnologias de Tratamento – Álamo

No ano de 2008 a entidade gestora procedeu á aquisição do equipamento necessário á aplicação da tecnologia permuta iónica. Nesse ano de tipo seco, considerou-se ser essencial a utilização do Álamo para se satisfazerem as necessidades do abastecimento público. Contudo a tecnologia encontra-se por instalar até aos dias de hoje, continuando a ser utilizada sempre que necessário em situações de reforço, sem remoção do nitrato. Neste caso de estudo, como o da Azenha Nova, o objetivo do cálculo CE para cada tecnologia é confirmar que a escolha da permuta iónica, foi a mais adequada para as características do problema.

5.2.1 Permuta iónica

Na figura 44, representa-se o processo de permuta iónica adquirido. Visualizam-se as duas colunas (tanques) preenchidas de resina, dois depósitos das salmouras e os circuitos hidráulicos associados.

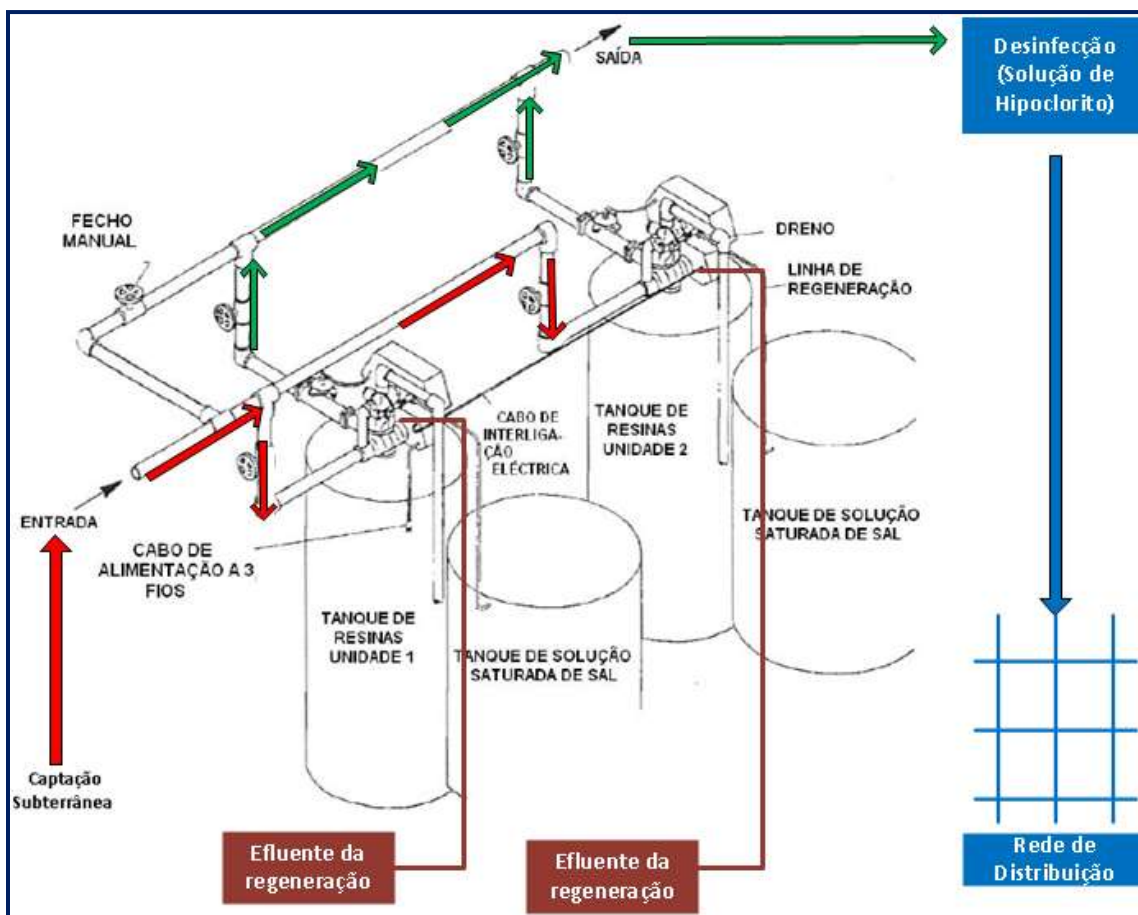


Figura 44 - Esquema da implementação da permuta iónica no Álamo, adaptado (Tecnilab Portugal, SA, 2009)

Para que haja pelo menos $12 \text{ m}^3/\text{h}$ de água tratada a entrar continuamente no reservatório, utilizam-se duas colunas com serviço simultâneo de regeneração alternada em função do volume de água tratada. Assim, quando uma coluna com 600 L de resina entra em processo de regeneração a outra de igual volume continua a tratar a água contaminada, pois estão programadas para intervalos desfasados de regeneração.

Se utilizada a resina aniónica, Purolite A520E, as duas unidades funcionam em simultâneo até a primeira entrar em regeneração após 19 horas de funcionamento. Por este processo trata-se só metade do caudal extraído, ou seja, $24 \text{ m}^3/\text{h}$, considerando -se que o extraído é de $58 \text{ m}^3/\text{h}$. De referir que o dimensionamento do equipamento é realizado para que após a mistura do caudal tratado com o não tratado, as concentrações de nitrato na água não excedem os $50 \text{ mg NO}_3^-/\text{L}$.

Nos depósitos de salmoura, de capacidade 1000 L cada, é preparada diariamente uma solução de cloreto de sódio, utilizada na coluna para regenerar o leito, devendo o efluente formado durante a regeneração ser depositado na ETAR mais próxima.

5.2.2 Osmose Inversa

O princípio de tratamento da osmose inversa segue as seguintes fases a pré-oxidação, filtração multimédia, pré-tratamento anti incrustante e redutor e a osmose inversa com mistura regulável a 50%, segundo (Enkrott - Centro Gestão e Tratamento de Águas Lda, 2013). As características químicas e microbiológicas da água foram consideradas no dimensionamento do equipamento em questão, salienta-se dessas características os valor de cloretos na água de 60 mg/L e a oxidabilidade menor que 0,5 mg/L O₂

Seguidamente encontra-se nas tabelas 33 e 34, representados os equipamentos da osmose inversa e as suas características.

Tabela 34 - Equipamentos e características da Pré-oxidação e Filtração no Álamo

Pré-oxidação + Filtração	
Contador volumétrico (1 un)	$Q_{\text{nominal}}=100 \text{ m}^3/\text{h}$
Bomba doseadora (1 un):	$Q_{\text{max.}}=7,1\text{E}-3 \text{ m}^3/\text{h}$, $P_{\text{max.}}=7\text{bar}$ Comando manual ou automático;
Sonda de nível mínimo (1 un):	Para encravar a bomba doseadora quando tem falta de produto químico;
Depósito de PEAD:	500 L de capacidade
Hipoclorito de sódio	200 Kg (13% cloro)
Central de pressurização de água pré instalada (2 un)	Duas eletrobombas verticais, capazes de fornecer um caudal de água de 30m ³ /h com 44 m.c.a de elevação;
Filtro (2 un)	Com programador que permite a contra-lavagem automática no máximo 4 vezes ao dia, para tirar turvação, com carga multimédia de diversas areias de sílica e antracite; São necessários 16 m ³ do depósito para cada lavagem;

Fonte: (Enkrott - Centro Gestão e Tratamento de Águas Lda, 2013)

Tabela 33- Equipamentos e características do Pré-tratamento e Osmose Inversa no Álamo

Pré-tratamento + Osmose Inversa	
Contador volumétrico (2 un)	$Q_{\text{nominal}}=100 \text{ m}^3/\text{h}$
Bomba doseadora (2 un)	$Q_{\text{max.}}=4,4\text{E}-3 \text{ m}^3/\text{h}$ $P_{\text{max.}}=10 \text{ bar}$
Detetor de fluxo (4 un)	
Sonda de nível (4 un)	
Deposito PEAD (2un)	500 L de capacidade
ENK RO 191 (200Kg)	Produto químico (anti-incrustante)
ENK BS 10 (200Kg)	Produto químico (agente redutor);
Controlador Redox (2Cj)	Encravamento do tratamento de água, em caso de fuga de cloro para a osmose inversa
Corpo de filtro (4Cj):	Capacidade de 7 células de filtração, grau de filtração de 5 microns e 40" de altura
Unidade de Osmose inversa (2Cj)	Cada unidade tem 20 membranas, montada num chassis, rotâmetro de produção, esgoto e recirculação, depósito de água para "flushing";

Fonte: (Enkrott - Centro Gestão e Tratamento de Águas Lda, 2013)

5.2.3 Custo-Eficácia (Álamo)

As seguintes equações 7 e 8, representam as conversões efetuadas no cálculo da redução de contaminante. A concentração de nitrato inicial corresponde ao valor máximo registado nas análises, e a concentração final os valores estimados pelas propostas de cada tecnologia.

$$\text{Redução de NO}_3 \text{ (mg /ano)} = (C_{\text{inicial}} - C_{\text{final}}) \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000\text{L}} \times 24 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \times 24 \text{ h} \times 365 \text{ dias}$$

Equação 7

$$\text{Redução de NO}_3 \text{ (mg/ano)} = (C_{\text{inicial}} - C_{\text{final}}) \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000\text{L}} \times 52 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \times 24 \text{ h} \times 365 \text{ dias}$$

Equação 8

No cálculo do custo total anual não é considerado o custo anual de manutenção e de energia, sendo considerado somente o custo de investimento e o custo variável de consumo de sal e de resina por ano. Para efeito de cálculo dos custos variáveis, considera-se que o leito filtrante é renovado de 3 em 3 anos, sendo que este depende das características da água. No anexo A8, estão representados os dados e os resultados dos cálculos realizados para se obter o CE da permuta iónica, da captação Álamo.

No cálculo dos custos totais anuais não são considerados os custos anuais de manutenção nem de energia, sendo considerado somente o custo de investimento e o custo variável de consumo dos produtos químicos intervenientes no processo, o anti incrustante (ENK RO191), o agente redutor de cloro (ENK BS10). No anexo A11, estão representados os dados, resultados dos cálculos realizados para se obter o CE e as características técnicas da OI. No anexo A6 está representada na figura 49 a unidade de OI a implementar.

Na tabela 35 estão representados os cálculos principais efetuados para a determinação do valor custo eficácia de cada tecnologia. Verifica-se por essa análise que os valores dos dados base neste caso de estudo não são iguais, ou seja, o caudal da água tratada é diferente nas duas tecnologias, consequentemente o volume de contaminante reduzido também é diferente. Sendo assim não se pode comparar o CE das duas tecnologias. De referir que o caudal de água tratada depende do dimensionamento efetuado para cada equipamento, sendo que tal processo visa sempre a minimização dos custos para se alcançar a redução suficiente do contaminante, ou seja, um valor inferior ao limite legislado. Dessa forma, se a tecnologia permuta iónica trata-se todo o

caudal da água bruta extraído, a mesma necessitaria de mais colunas desnitrificadoras, assim os custos de investimento e variável aumentavam significativamente.

De salientar que os custos variáveis considerados neste caso foram os mesmos do que no caso da Azenha Nova e, também, não foram considerados os custos operacionais.

Tabela 35 - Custo-eficácia da permuta iónica e da osmose inversa no Álamo

	Permuta Iónica	Osmose Inversa
Concentração inicial (mg/L)	80	80
Concentração final (mg/L)	40	40
Caudal de água tratada (m³/L)	24	53
Funcionamento por dia (h)	24	24
Redução do poluente (mg/ano)	8410	18396
Dias de funcionamento por ano	365	365
Investimento (€)	32160	285700
Taxa de depreciação (fração)	0,1	0,1
Tempo de vida (anos)	10	10
Investimento anual (€/ano)	5234	46496
Custo variável (€/ano)	23865	59922
Custo anual total (€/ano)	29098	106419
Custo-Eficácia (CE) (€/mgNO₃ removido)	3	6

5.3 Tecnologias de Tratamento – Olival

Neste caso de estudo não existe nenhuma tecnologia instalada e segundo os resultados das últimas análises, que apresentaram valores do ião nitrato abaixo do limite legislado, não parece haver necessidade de aplicar tratamento á água. Contudo decidiu-se calcular na mesma o valor de custo-eficácia das duas tecnologias, devido ao histórico de incumprimentos de nitratos e porque em situações de emergência esta captação contribui significativamente para o abastecimento de água.

Em época de seca, as outras duas captações de Arcos sofrem rebaixamento piezométrico, nessa altura a captação do Olival em situação tem de ser ligada, mesmo com a água a apresentar nitratos acima dos 50 mg/L. Assim, chega com essa concentração a aproximadamente 102 habitantes, população do Espinheiro da freguesia de Arcos. Sendo que para uma capitação de 150 L/hab.dia verifica-se um consumo médio da população de Espinheiro de cerca de 15300 L/dia.

5.3.1 Permuta Iónica

Com a implementação da tecnologia o processo de funcionamento seria o esquematizado na figura 45. A água contaminada entra na coluna pela parte de cima, passa pelo leito filtrante com 90 L de resina onde ocorre a troca iónica e sai pelo topo da coluna tratada para a rede de distribuição.

Sendo que com a resina Purolite A520E ao passarem 11 horas de funcionamento contínuo, a água contaminada deixa de entrar na coluna pois o leito filtrante passa a sofrer o processo de regeneração, para restituir o ião cloreto com a passagem de uma solução de 120 g NaCl/L de salmoura. O efluente de regeneração que sai da coluna deve ser encaminhado para a ETAR mais próxima. Após a regeneração a água contaminada volta a entrar na coluna até passarem mais 11 horas, o intervalo de regeneração.

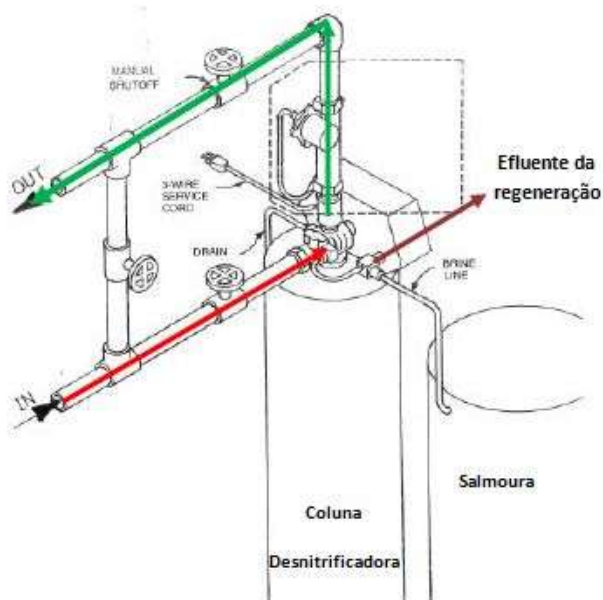


Figura 45 – Representação esquemática do processo de permuta iónica no Olival, adaptado (Tecnilab Portugal, SA, 2009)

5.3.2 Osmose Inversa

O princípio de tratamento da osmose inversa segue as seguintes fases de tratamento, pré-oxidação, filtração multimédia, pré-tratamento anti incrustante e redutor, a osmose inversa com mistura regulável a 50%, segundo (Enkrott - Centro Gestão e Tratamento de Águas Lda, 2013). As características químicas e microbiológicas da água foram consideradas no dimensionamento do

equipamento em questão, salienta-se dessas características os valor de cloretos na água de 21 mg/L e CQO menor que 10 mg/L O₂. Seguidamente encontra-se nas tabelas 36 e 37, representado os equipamentos da osmose inversa e as suas características.

Tabela 37 Equipamentos e características da Pré-oxidação e Filtração no Olival

Pré-oxidação + Filtração	
Contador volumétrico (1un)	Q _{nominal} =10 m ³ /h
Bomba doseadora (1un):	Q _{max.} =3,9E-3 m ³ /h, P _{max.} =7,5bar
Sonda de nível mínimo (1un):	Para encravar a bomba doseadora quando tem falta de produto químico;
Depósito de PEAD:	100 L de capacidade
Hipoclorito de sódio	100 Kg (13% cloro)
Central de pressurização de água pré instalada; (1un)	
Filtro (1un):	Lavagem automática por temporizador, carregado com areias de sílica e antracite; São necessários 3,5 m ³ água/lavagem

Fonte: (Enkrott - Centro Gestão e Tratamento de Águas Lda, 2013)

Tabela 36 Equipamentos e características do tratamento e Osmose Inversa no Olival

Pré-tratamento + Osmose Inversa	
Contador volumétrico (1 un)	Q _{nominal} =10 m ³ /h
Bomba doseadora (2 un)	Q _{max.} =4,4E-3 m ³ /h, P _{max.} =10 bar
Detetor de fluxo (2 un)	
Sonda de nível (2 un)	
Deposito PEAD (2un)	200 L de capacidade
ENK RO 191 (100Kg)	Produto químico (anti-incrustante)
ENK BS 10 (100Kg)	Produto químico (agente redutor)
Controlador Redox (1Cj)	Encravamento do tratamento de água, em caso de fuga de cloro para a osmose inversa;
Corpo de filtro (1Cj):	Com capacidade de 7 células de filtração, grau de filtração de 5 microns e 20" de altura;
Unidade de Osmose inversa (2Cj)	Com 5 membranas, montada num chassis, rotâmetro de produção, esgoto e recirculação, depósito de água para "flushing";

Fonte: (Enkrott - Centro Gestão e Tratamento de Águas Lda, 2013)

5.3.3 Custo-Eficácia (Olival)

Na equação 9, estão representadas as conversões e os cálculos realizados para obter-se a quantidade de nitrato que se pretende reduzir por ano, a concentração de nitrato inicial utilizada consiste no valor da análise realizada á agua no ano de 2009, a concentração final será um valor inferior ao limite máximo legislado de nitratos na água potável.

$$\text{Redução do poluente mg (por ano)} = (C_{\text{inicial}} - C_{\text{final}}) \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} \times 5 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \times 24 \text{ h} \times 365 \text{ dias}$$

Equação 9

No cálculo dos custos foram contabilizados neste caso os mesmos que no caso da Azenha Nova. Assim o custo variável considerado para cada tecnologia é na mesma, para a permuta iónica, o consumo de sal e resina e para a OI o consumo dos produtos químicos intervenientes no processo. No anexo 9, estão representados os dados e os resultados dos cálculos realizados para se obter o CE da permuta, sendo que no anexo 12 estão representados os cálculos do custo variável, e as características técnicas da OI. No anexo A6 está representada na figura 48 a unidade de OI a implementar.

Tabela 38 - Custo-eficácia da permuta iónica e da osmose inversa no Olival

	Permuta Iónica	Osmose Inversa
Concentração inicial (mg/L)	57	57
Concentração final (mg/L)	40	30
Caudal de água tratada (m³/L)	5	5
Funcionamento por dia (h)	24	24
Redução do poluente (mg/ano)	789	1242
Dias de funcionamento por ano	365	365
Investimento (€)	8040	47600
Taxa de depreciação (fração)	0,1	0,1
Tempo de vida (anos)	10	10
Investimento anual (€/ano)	1308	7747
Custo variável (€/ano)	6345	6226
Custo anual total (€/ano)	7653	13972
Custo-Eficácia (CE) (€/mgNO₃ removido)	10	11

Segundo a tabela 38, verifica-se que o investimento anual na osmose é superior ao da permuta, que os custos variáveis das duas tecnologias não diferem muito e que o custo de investimento na osmose é muito superior ao da permuta.

Pelo valor CE das duas tecnologias recomenda-se a permuta iónica a implementar, pois é a que apresenta uma redução admissível do poluente a um mais baixo custo.

5.4 Conclusões – Medidas corretivas

A tabela 39, representa o resumo dos parâmetros intervenientes no cálculo do CE e a escolha da tecnologia mais adequada segundo as características do problema existente ou detetado para cada caso de estudo.

Tabela 39 - Tecnologia mais adequada para cada caso de estudo

Caso de estudo	Tecnologias	Redução (mgNO ₃ ⁻ /ano)	Custo total anual (€/ano)	CE (€/mgNO ₃ ⁻ reduzido/ano)	Tecnologia a implementar
Azenha Nova	Permuta iónica	701	4532	6	Permuta Iónica
	Osmose inversa	841	8287	10	
Álamo	Permuta iónica	8410	29098	3	-
	Osmose inversa	18396	110882	6	
Olival	Permuta iónica	789	7653	10	Permuta Iónica
	Osmose inversa	1242	13972	11	

Em resumo, a tecnologia permuta iónica foi a que apresentou a redução de poluente admissível a um mais baixo custo anual para os casos Azenha Nova e Olival.

De referir que na captação da Azenha Nova, a tecnologia implementada atualmente é a permuta iónica e como a concentração de cloretos na água bruta desta captação é elevada, considera-se necessária a monitorização da concentração de cloretos na água tratada por esta opção de tratamento.

Relativamente à captação do Álamo, como se considerou para cada tecnologia processos diferentes de tratamento, ou seja, o dimensionamento dos equipamentos de cada opção foram realizados para se tratar volumes diferentes da água captada, não se pode concluir qual a melhor tecnologia a implementar, sendo que os valores base são diferentes. Contudo, estima-se que os custos de investimento da osmose inversa, tornem desfavorável a aplicação desta tecnologia, estimando-se assim ser a permuta iónica a mais adequada a implementar.

6 Recomendações de Trabalhos Futuros

A maioria das zonas de abastecimento de água do município de Estremoz são constituídas por mais do que uma captação subterrânea. Quando se faz a análise da concentração de nitratos na água resultante da mistura de todas as origens torna-se impossível identificar qual a água contaminante, antes da mistura de águas chegar à população. Assim, resulta que durante o período de “descoberta” da captação contaminante, os habitantes da zona de abastecimento recebem a mesma com concentração de nitratos, miligrama por litro de água a exceder o limite legislado. Dessa forma recomenda-se que o controlo de análises seja realizado à água bruta, isto é, a cada origem de água que abastece a zona, em vez do controlo realizado atualmente, que é o da água que sai na torneira do consumidor.

Aquando da identificação de uma captação contaminada com nitratos, recomenda-se uma monitorização de análises mensais a essa água, para que se possa aplicar a análise de sensibilidade [nitratos] - precipitação mensal e para se concluir com maior certeza essa relação.

A realização de um plano de ação para a zona vulnerável em estudo e a sua aplicação é uma prioridade para a prevenção da poluição difusa, a agricultura intensiva. A sua aplicação deve seguir as seguintes etapas: 1ª etapa, sensibilização dos proprietários de explorações em zonas vulneráveis a nitratos – fornecendo conhecimentos teóricos, como formações e fornecendo bens materiais, como equipamentos de análises ao solo, por parte da DRAP do Alentejo; 2ª etapa, fiscalização mediante o conhecimento e material fornecido na 1ªetapa.

A execução de estações de tratamento de águas residuais é recomendada tal como a fiscalização das fossas existentes, para se evitar a poluição pontual, por parte de descargas de efluentes domésticos nas linhas de água e para não haver contacto direto do nível freático com as fossas que armazenam efluentes domésticos.

Recomenda-se que a execução de captações para usos privativos que não sejam usos prioritários, seja combatida e dificultada, por parte das entidades intervenientes, a fim de se minimizarem os efeitos de sobre-exploração do aquífero e de risco de contaminação das captações de abastecimento público.

Deve realizar-se uma contabilização de todos os usos da água da região abastecida pelo aquífero Estremoz-Cano, para que esse valor represente a quantidade real de água extraída e seja utilizado numa gestão integrada que vise o alcance de água em quantidade e qualidade.

Bibliografia

Agostinho, Jorge Manuel e Pimentel, Mariana. 2005. *Estudo de casos de boas práticas ambientais na agricultura.* 2005.

Agostinho, Jorge Manuel Ferreira da Silva. 2006. *Avaliação de Técnicas para Redução das Perdas de Azoto nos Sistemas Agrícolas da Zona Vulnerável do Aquífero Livre de Eposende e Vila do Conde.* Lisboa : Universidade Técnica de Lisboa, 2006.

An Agenda for Agriculture. 1993. *Soil and Water Quality.* EUA : s.n., 1993.

APA, I.P. 2013. Águas subterrâneas: Perfil litológico, Monitorização. *Sistema Nacional de Informação de Recursos Hidricos.* [Online] 2013.
<http://snirh.pt/index.php?idMain=1&idItem=1.4&uh=A&sa=A4%20-%20ESTREMOZ%20-%20CANO>.

APA, I.P. 2013. Boletins de Precipitação da Estação de Estremoz e de Vila Viçosa. *Sistema Nacional de Informação de Recursos Hidricos.* [Online] <http://snirh.pt/index.php?idMain=2&idItem=1>.

AquaEPS, Lda. 2005. *Projeto de delimitação de perímetros de proteção das captações de água subterrânea para abastecimento público - Concelho de Estremoz.* 2005.

ARH de Tejo I.P. 2011. *Plano de gestão da bacia hidrográfica do tejo, fichas de diagnostico.* 2011.

ARH de Tejo I.P. 2011. *Plano de Gestão da Região Hidrográfica do Tejo, Fichas de diagnóstico.* 2011.

ARH de Tejo I.P. 2011. *Plano de Gestão da Região Hidrográfica do Tejo, Repositório de mapas.* 2011.

ARH de Tejo I.P. 2011. *Plano de Gestão da Região Hidrográfica do Tejo, Síntese para consulta pública.* 2011.

ARH do Tejo, I.P. Departamento de recursos hídricos interiores. 2010. Os aquíferos das Bacias Hidrográficas do rio Tejo e das ribeiras do Oeste. [autor do livro] Carla Midões. *Sistema Aquífero Estremoz-Cano.* Lisboa : ARH do Tejo, I.P., 2010.

C. Almeida, J.J.L Mendonça, M.R. Jesus, A.J. Gomes. 2000. *Sistemas Aquíferos de Portugal Continental.* 2000.

Câmara Municipal de Estremoz. 2013. Estremoz Municipio. [Online] Junho de 2013.
<http://www.cm-estremoz.pt/>.

Chia-Yau, Cheng. 2011. *Oxidação Química e Desinfecção.* Porto : Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2011. Tecnologias e Sistemas de Tratamento de Águas (I).

Comissão Europeia. 2000. Aplicação da Diretiva 91/676/CEE do Conselho relativa à proteção das águas contra a poluição por nitratos de origem agrícola. 2000.

Comissão Europeia. 2000. Diretiva Quadro-Água 2000/60/CE. 2000.

Cupeto, Carlos Alberto e Alves, Fátima. 2010. Aquíferos das Bacias Hidrográficas do Rio Tejo e das Ribeiras do Oeste. Saberes e Reflexões. [autor do livro] I.P. ARH do Tejo. *O desafio da integração da água subterrânea na valorização e conservação dos recursos hídricos na área de jurisdição*. Lisboa : ARH do Tejo, I.P., 2010, pp. 15-23.

Departamento de SIG da Câmara Municipal de Estremoz. 2013. Dados de informação geográfica. Estremoz : s.n., 2013.

DeSilva, Francis J. 2003. Nitrate Removal by Ion Exchange. *Water Quality Products*. [Online] Abril de 2003. [Citação: 17 de Abril de 2013.] <http://www.wqpmag.com/sites/default/files/ACF30FD.pdf>.

Diário da República. 1999. Delimitação de perímetros de proteção de captação de águas subterrâneas destinadas ao abastecimento público. *DL n.º 382/99 de 22 de Setembro*. 1999.

Diário da República. 2005. Lei da Água,. *DL nº58/2005 de 29 de Dezembro*. 2005.

Diário da República. 2005. Lei da Titularidade dos Recursos Hídricos. *DL nº 54/2005 de 15 de Novembro*. 2005.

Diário da República. 2012. Programa de Ação para as Zonas Vulneráveis. *Portaria n.º 259/2012 de 28 Agosto*. 2012.

Diário da República. 2007. Qualidade da água destinada ao consumo humano. *DL n.º 306/2007 de 27 de Agosto*. 2007.

Diário da República. 2007. Regime de utilização dos recursos hídricos. *DL n.º 226-A/2007 de 31 de Dezembro*. 2007.

Diário da República. 2009. Regime jurídico dos serviços municipais de abastecimentos público de água. *DL n.º 194/2009 de 20 de Agosto*. 2009.

Diário da República. 2008. Taxa de Recursos Hídricos. *DL n.º 97/2008 de 11 de Junho*. 2008.

Enkrott - Centro Gestão e Tratamento de Águas Lda. 2013. Proposta de Sistema de Osmose Inversa - Remoção de Nitratos. Coimbra : s.n., 2013.

ERHSA. 2000. *Estudo dos Recursos Hídricos Subterrâneos do Alentejo*. 2000.

Ferreira, J. P. Cárcamo Lobo, Oliveiras, Manuel Mendes de e Moinante, Maria João. 1994. *Desenvolvimento de um Inventário das Águas Subterrâneas de Portugal*. 1994.

Ferreira, J. P. Lobo, et al. 2009. *Proteção das Origens Superficiais e Subterrâneas nos Sistemas de Abastecimento de Água*. Lisboa : Instituto Regulador de Águas e Resíduos, 2009. 978-989-95392.

FEUP - Engenharia num minuto. 2012. Engenharias e Tecnologias - Engenharia num minuto. *Zappiens*. [Online] 28 de 5 de 2012. <http://zappiens.pt/Z2439>.

FEUP - Reatores Biológicos. 2012. Nitrificação e Desnitrificação Biológicas. Porto : s.n., 2012.

Fiúza, António. 2009. *Reabilitação de Solos e Aquíferos*. Porto : Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2009.

Foster, Stephen, et al. 2002. *Groundwater Quality Protection: A Guide for Water Service Companies, Municipal Authorities and Environment Agencies*. Washington, D.C. : Groundwater Management Advisory Team (GW•MATE), 2002.

Garrett, Kevin E. e Hudson, Amy L. 2005. Large-Scale Application of In Situ Remediation to Remove Nitrate from Groundwater. USA : Federal Facilities Environmental Journal, 2005.

Google Mapas. 2013. Imagem em Satelite de Estremoz. [Online] Janeiro de 2013.

IGEO. 2013. Instituto Geográfico Português. [Online] 2013. <http://scrif.igeo.pt/asp/topo1.asp>.

Instituto Nacional de Estatística. Censos 2011. [Online] http://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_main.

Jackson, P. J., et al. 2001. Manual on Treatment fo Small Water Supply Systems - Final Report to the Department on the Environment, Transport and the Regions. [Online] Março de 2001. [Citação: 27 de 7 de 2013.] http://dwi.defra.gov.uk/research/completed-research/reports/DWI70_2_137_manual.pdf. DETR/DWI 4936/1.

Lopes, Luis e Martins, Ruben. 2008. *Anticlinal de Estremoz: Geologia e Tecnologia de exploração de Marmores*. Évora : s.n., 2008.

Manual on Treatment for Small Water Supply Systems. 2010. *Final Report to the Department on the Environment, Transport and the Regions*. 2010.

Mendonça, J.J.L., et al. 2000. *Glossário de Termos Hidrogeológicos*. s.l. : C.Almeida, 2000.

Midões, Carla Pinto e Costa, Augusto Marques da. 2010. Sistema Aquífero Estremoz-Cano. *Repositório LNEG*. [Online] 2010. <http://repositorio.lneg.pt/bitstream/10400.9/819/1/33825.pdf>.

Midões, Carla. 2009. Sistema Aquífero Estremoz-Cano. *Sessão de debate - Águas Subterrâneas na Bacia do Tejo e Ribeiras do Oeste*. 2009. LNEG.

Ministério da Agricultura do Desenvolvimento Rural e das Pescas. 1997. *Código de boas práticas agrícolas para a proteção da água contra a poluição com nitratos de origem agrícola*. 1997.

Neto, Belmira. 2011/12. Ferramentas de Decisão Ambiental. *Análise Custo-Eficácia*. Porto : Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2011/12.

Novo, Maria Emilia S. 1994. *Caracterização da poluição no aquífero aluvial do rio Sizandro*. 1994.

Purágua. 1999. Escolha ideal. [Online] 1999. [Citação: 26 de Junho de 2013.] http://www.escolhaideal.com/procedimento_da_osmose_inversa.html.

Purolite. Purolite. Purolite do Brasil Ltda. [Online] [Citação: 28 de Maio de 2013.] http://sa.purolite.com/RelId/612271/ISvars/default/Purolite_A520E.htm.

Ribeiro, Luís e Mendes, Maria Paula. 2010. *Definições e critérios de delimitação para as várias tipologias de área integradas em REN - Recursos Hídricos Subterrâneos*. s.l. : Instituto Superior Tecnico de Lisboa, 2010.

Silva, Marisa Vilares da. 2004. *A implementação das Diretivas Europeias no ambito do controlo da qualidade da agua em sistemas de abastecimento publico*. 2004.

Talwar, Jessica E. Liggett and Sonia. 2009. Groundwater Vulnerability Assessments and Integrated Water Resource Management . *Watershed Management Bulletin, Volume 13* . 2009, pp. 1-12.

Tecnilab Portugal, SA. 2009. Proposta de Sistema Permuta iónica - Remoção de Nitratos. Lisboa : Departamento de Desinfeção e Tratamento, 2009.

Unidade responsável pela avaliação DG Política Regional Comissão Europeia. 2003. *Manual de análise de custos e benefícios dos projectos de investimento*. 2003.

World Health Organization. 2008. *Guidelines for Drinking-Water Quality*. 2008.

Anexos

A1 – Dados das análises a nitratos das zonas de abastecimento do município

Tabela 40 – Concentração de nitratos na zona de abastecimento de Veiros no período de 2006 a 2011

Data de recolha da amostra de água no consumidor em Veiros		Concentração de nitratos na água do consumidor em Veiros (mg/L)	Captação Guardaria (mg/L)	Precipitação Mensal Estação Estremoz (mm)
2006	15 Fev.	-	58	32,2
	10 Jan.	10		26,2
2007	11 Abr.	24		62,4
	11 Jul.	25		2,5
	10 Out.	26		50,2
2008	23 Jan.	25		55,8
	14 Abr.	23		106,6
	16 Jul.	10		0,1
	16 Out.	36		11,4
2009	21-Jan	23		76,4
	6 Mar.	-	50	15,6
	15-Abr	49		*
	15-Jul	20		1,5
	21-Out	40		51,6
2010	20-Jan	7,3		*
	21-Abr	28		73,2
	21-Jul	13		-
	20-Out	35		*
2011	19 Jan.	42		*
	20 Abr.	40		*
	20 Jul.	31		*
	21 Out.	29		*

*Falha do observador ou dados não informatizados

Tabela 41 - Concentração de nitratos na zona de abastecimento de São Bento do Ameixial no período de 2007 a 2011

Data de recolha da amostra de água no consumidor em São Bento do Ameixial		Concentração de nitratos na água do consumidor em São Bento do Ameixial (mg/L)	Precipitação Mensal Estação Estremoz (mm)
2007	7 Fev.	34,8	32,2
	6 Set.	5,1	38,9
2008	19-Mar	25	18,1
	17-Set	36	7
2009	18-Mar	23	15,6
	16-Set	34	12,5
2010	17-Mar	35	94
	15-Set	14	*
2011	16-Mar	55	*
	12-Set	49	*

*Falha do observador ou dados não informatizados

Tabela 42 - Concentração de nitratos na zona de abastecimento de São Lourenço de Mamporcão no período de 2007 a 2012

Amostra de água no consumidor em São Lourenço de Mamporcão	Concentração de nitratos na água do consumidor em São Lourenço de Mamporcão (mg/L)	Precipitação Mensal Estação Estremoz (mm)
2007	10 Jan.	5,5
	11 Abr.	36
	11 Jul.	36
	10 Out.	37
2008	23 Jan.	55,8
	16 Abr.	33
	28 Jul.	38
	15 Out.	32
2009	21 Jan.	32
	15 Abr.	46
	15 Jul.	24
	21 Out.	36
2010	20 Jan.	6,3
	21 Abr.	33
	21 Jul.	17
	25 Out.	35
2011	19 Jan.	30
	20 Abr.	31
	20 Jul.	35
	20 Out.	33
2012	25 Jan.	30
	24 Abr.	38
	25 Jul.	44
	24 Out.	52

*Falha do observador ou dados não informatizados

Tabela 43 --Concentração de nitratos na zona de abastecimento do Monte das Janelas no período de 2008 a 2010

Data de recolha da amostra de água no consumidor no Monte das Janelas	Concentração de nitratos na água do consumidor no Monte das Janelas (mg/L)	Precipitação Mensal Estação Estremoz (mm)
2008	19-Mar	5,6
	17-Set	2,6
2009	18-Mar	61
	16-Set	37,2
2010	17-Mar	6,3
	15-Set	14

*Falha do observador ou dados não informatizados

Tabela 44 - Concentração de nitratos na zona de abastecimento de Estremoz no período de 2008 a 2011

Amostra de água no consumidor em Estremoz		Concentração de nitratos na água do consumidor em Estremoz (mg/L)	Precipitação Mensal Estação Estremoz (mm)
2008	23-Jan	32	55,8
	19-Mar	21	18,1
	16-Abr	21	106,6
	21-Mai	22	93,9
	18-Jun	27	0,5
	16-Jul	5,3	0,1
	20-Ago	31	0,2
	17-Set	21	7
	15-Out	35	11,4
	19-Nov	34	0,9
2009	21-Jan	33	76,4
	18-Fev	35	57,4
	18-Mar	21	15,6
	15-Abr	49	*
	20-Mai	46	*
	17-Jun	42	*
	15-Jul	22	1,5
	19-Ago	22	0,1
	16-Set	32	12,5
	21-Out	49	42,1
2010	20-Jan	7,2	*
	17-Fev	14	135,9
	17-Mar	39	94
	21-Abr	39	73,2
	19-Mai	16	29,3
	16-Jun	15	26,9
	21-Jul	20	*
	18-Ago	34	*
	15-Set	11	*
	20-Out	17	*
	17-Nov	15	*
	15-Dez	17	*
2011	19-Jan	55	*
	17-Ago	31	*
	16-Fev	32	*
	15-Jun	41	*
	20-Jul	39	*
	12-Set	34	*
	20-Abr	34	*
	16-Mar	33	*
	18-Nov	28	*
	20-Jul	30	*
	26-Mai	24	*
	20-Out	28	*

*Falha do observador ou dados não informatizados

Tabela 45 - Concentração de nitratos na zona de abastecimento de Évora-Monte no período de 2008 a 2011

Data de recolha da amostra de água no consumidor em Évora-Monte		Concentração de nitratos na água do consumidor em Évora-Monte (mg/L)	Precipitação Mensal Estação Estremoz (mm)
2008	23-Jan	17	55,8
	16-Abr	6	106,6
	16-Jul	34	0,1
	15-Out	11	11,4
2009	21-Jan	2,2	76,4
	15-Abr	5,8	*
	15-Jul	2,4	1,5
	21-Out	12	51,6
2010	20-Jan	8,3	*
	21-Jul	20	*
2011	19-Jan	16	*
	20-Abr	17	*
	20-Jul	16	*
	20-Out	15	*

*Falha do observador ou dados não informatizados

Tabela 46 - Concentração de nitratos na zona de abastecimento de Santa Vitoria do Ameixial no período de 2008 a 2011

Data de recolha da amostra de água no consumidor em Santa Vitoria do Ameixial		Concentração de nitratos na água do consumidor em Santa Vitoria do Ameixial (mg/L)	Precipitação Mensal Estação Estremoz (mm)
2008	23-Jan	17	55,8
	16-Abr	6	106,6
	16-Jul	34	0,1
	15-Out	11	11,4
2009	21-Jan	31	76,4
	15-Abr	28	*
	21-Out	23	51,6
	15-Jul	17	1,5
2010	16-Jun	8,6	26,9
	15-Dez	13	*
2011	19-Jan	27	*
	20-Abr	17	*
	20-Jul	18	*
	20-Out	16	*

*Falha do observador ou dados não informatizados

Tabela 47 - Concentração de nitratos na zona de abastecimento de São Bento do Cortiço no período de 2008 a 2011

Data de recolha da amostra de água no consumidor em São Bento do Cortiço		Concentração de nitratos na água do consumidor em São Bento do Cortiço (mg/L)	Precipitação Mensal Estação Estremoz (mm)
2008	23-Jan	17	55,8
	16-Abr	6	106,6
	16-Jul	34	0,1
	15-Out	11	11,4
2009	21-Jan	23	76,4
	15-Abr	36	*
	15-Jul	20	1,5
	21-Out	16	51,6
2010	20-Jan	4,4	*
	21-Abr	29	73,2
	21-Jul	16	*
	20-Out	14	*
2011	19-Jan	36	*
	20-Abr	31	*
	20-Jul	30	*
	20-Out	25	*

*Falha do observador ou dados não informatizados

Tabela 48 - Concentração de nitratos na zona de abastecimento da Gloria no período de 2007 a 2011

Data de recolha da amostra de água no consumidor na Gloria		Concentração de nitratos na água do consumidor na Gloria (mg/L)	Precipitação Mensal Estação Estremoz (mm)
2007	10-Jan	5,5	26,2
	11-Abr	38	62,4
	11-Jul	37,5	2,5
	10-Out	36,1	50,2
2008	23-Jan	36	55,8
	16-Abr	32	106,6
	16-Jul	6,6	0,1
	15-Out	31	11,4
2009	21-Jan	31	76,4
	15-Abr	44	*
	15-Jul	25	1,5
	21-Out	38	51,6
2010	20-Jan	3,4	*
	21-Abr	46	73,2
	21-Jul	16	*
	20-Out	17	0
2011	20-Out	28	*
	20-Jul	< 10	*
	19-Jan	34	*
	20-Abr	35	*

*Falha do observador ou dados não informatizados

Tabela 49 - Concentração de nitratos na zona de abastecimento da Venda da Porca no período de 2007 a 2011

Data de recolha da amostra de água no consumidor na Venda da Porca		Concentração de nitratos na água do consumidor na Venda da Porca (mg/L)	Precipitação Mensal Estação Estremoz (mm)
2007	7-Fev	5	64,1
	9-Set	36,7	38,9
2008	19-Mar	33	18,1
	17-Set	30	7
2009	18-Mar	31	15,6
	16-Set	35	12,5
2010	17-Mar	33	94
	15-Set	14	*
2011	16-Mar	34	*
	12-Set	38	*

*Falha do observador ou dados não informatizados

Tabela 50 - Concentração de nitratos na zona de abastecimento da Venda da Porca no período de 2007 a 2011

Data de recolha da amostra de água no consumidor em Santo Estevão		Concentração de nitratos na água do consumidor em Santo Estevão (mg/L)	Precipitação Mensal na Estação de Estremoz (mm)
2007	7-Fev	11,5	64,1
	6-Set	2	38,9
2008	19-Mar	11	18,1
	17-Set	12	7,0
2009	18-Mar	15,6	15,6
	19-Set	12,5	12,5
2010	17-Mar	9,7	94
	15-Set	15	*
2011	16-Mar	<10	*
	12-Set	<10	*

*Falha do observador ou dados não informatizados

A2 – Análises de Março de 2013 ao nitrato das origens do município

Tabela 51 – Análises de concentração e nitrato nas origens do município

Origem	Concentração nitratos na água bruta (mg/L)
Azenha Nova (Rede)	39
São Bento do Cortiço	56
Campo de Futebol (Arcos)	35
Zona Industrial (Arcos)	27
Campo de Futebol (Estremoz)	35
Correias	21
Frândina	42
Gloria	38
Granja	26
Guardaria	37
Monte Padeiro	46
Pedreira	34
Santo Estevão	<10
São Lourenço	38
Venda da Porca	37

A3 – Tipologia da água da Azenha Nova

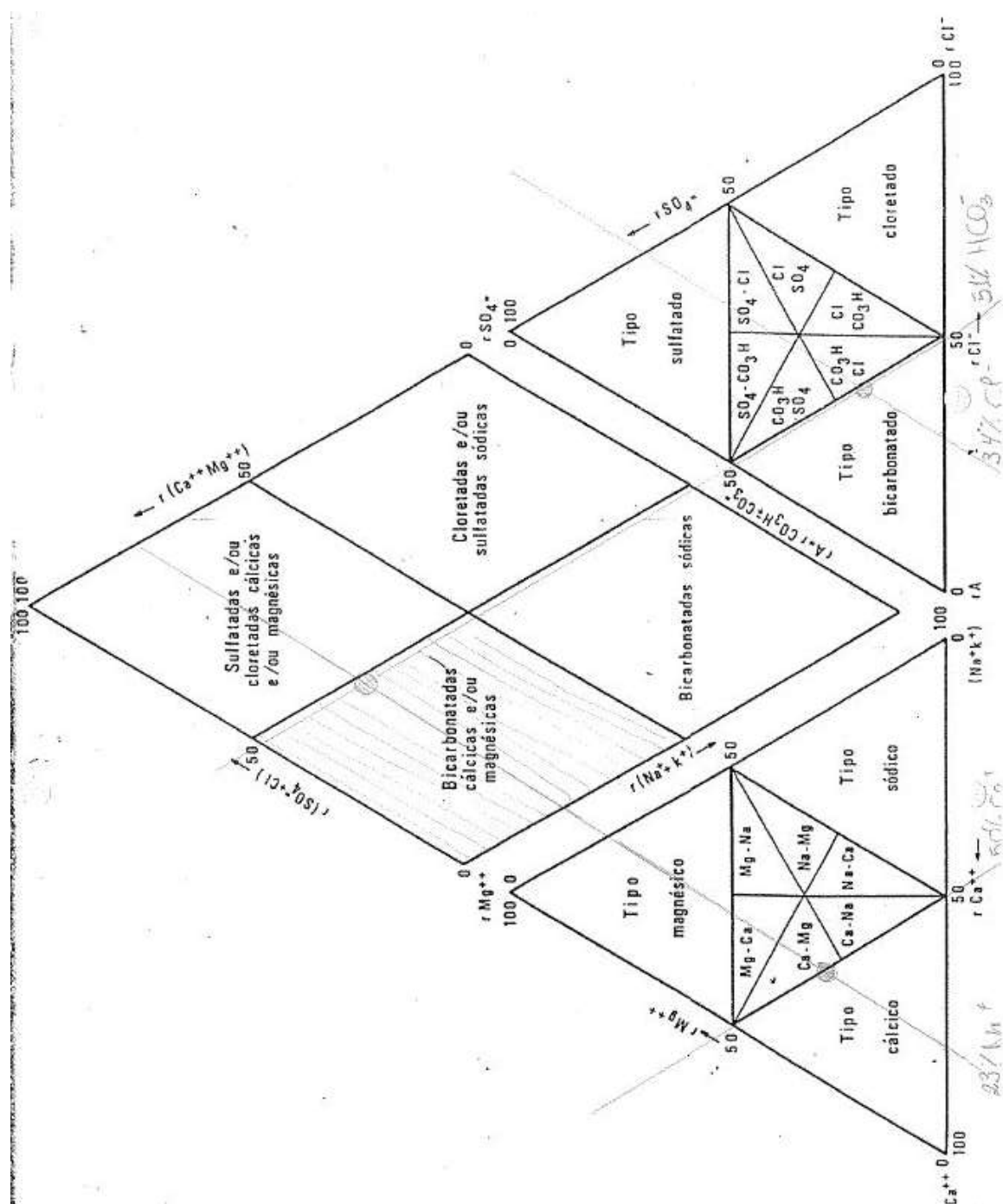


Figura 46 - Tipologia da água da Azenha Nova deduzida de um diagrama triangular de Piper

Tabela 52 – Cálculos auxiliares para a classificação geoquímica da água da Azenha Nova

Iões	Concentração do Ião (mg/L)	Peso molecular (g/mol)	Peso Equivalente (mg/meq)	meq/L	% meq/L	Tipologia da água
HCO ₃ ⁻	350	61	61	5,7	50,6	Bicarbonatada Cálca
SO ₄ ²⁻	80	96	48	1,7	14,7	
Cl ⁻	140	35,5	35,5	3,9	34,8	
Soma:				11,3		
Ca ²⁺	170	40,08	20,04	8,5	50,0	
Na ⁺	88	22,3	22,3	3,9	23,3	
Mg ²⁺	55	24,3	12,15	4,5	26,7	
Soma:				17,0		

➤ Exemplo de cálculo para passar mg/L para meq/L, Ião magnésio (Mg²⁺):

$$\frac{\text{Peso molecular}}{2} = \text{Peso equivalente}, \quad \frac{\text{Concentração Ião}}{\text{Peso equivalente}} = \frac{\text{meq}}{\text{L}}$$

A4 – Dados dos planos de adubação dos terrenos envolventes aos casos de estudo

Tabela 53 – Dados relativos ao plano de adubação dos terrenos envolventes à Azenha Nova

Cultura	Trigo	Vinha
Extração de Nutrientes (kg/t de produção)	5,1	-
Produção Prevista (Kg/ha)	5000	3000 / 4000
Nome do fertilizante	Amicote Adp	TD VIDA 357 14 24
Quantidade de fertilizante (kg/ha)	120	500
Azoto total %	12	-
Azoto nítrico %	2,5	-
Azoto amoniacal %	9,5	-
Quantidade de azoto utilizado (kg/ha)	28,8	-
Adubo de corbatura	27% ureia	-
Quantidade de adubo de corbatura (kg/ha)	150	-

Tabela 54 - Dados relativos ao plano de adubação dos terrenos envolventes ao Álamo

Cultura	Vinha
Produção Prevista (Kg/ha)	9000
Quantidade produzida (Kg)	711 000
Nome do fertilizante	Organik 4-8-12
Quantidade de fertilizante (kg/ha)	500
Azoto doseado (unidade de zoto/hc)	20
Tipo de rega	Gota a Gota
Altura rega	Junho e Julho
Gotejadores (L/h)	2,2
Período de rega semanal por sector (h)	7/8

A5 – Enquadramento na carta militar caso de estudo Azenha Nova

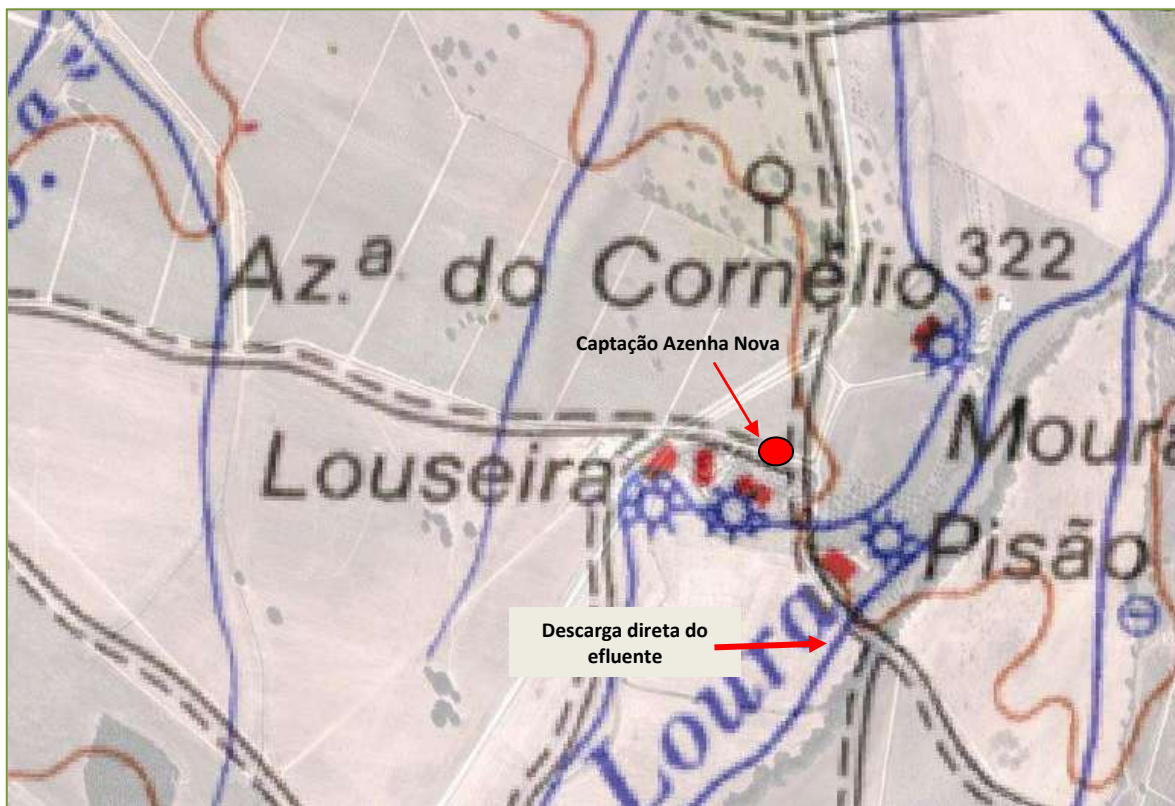


Figura 47 - Enquadramento da captação Azenha Nova na carta militar, adaptado (IGEO, 2013)

A6 – Unidades de OI a implementar nos casos de estudo



Figura 48 – Unidade de Osmose Inversa para Azenha Nova e Olival Figura 49 – Unidade de Osmose Inversa a implementar no Álamo

A7 – CE da permuta iónica na Azenha Nova

Tabela 55 – Dados e resultados do dimensionamento da permuta iónica para a Azenha Nova

Dados	
Resinas comerciais adequadas para remoção de nitratos em água de consumo	Purolite A520E
Caudal de água bruta admissível (m ³ /h/coluna)	1,6
Concentração de nitratos na água bruta (mg NO ₃ ⁻ /L)	90
Concentração de sulfatos na água bruta (mg SO ₄ ²⁻ /L)	80
Peso equivalente ião nitrato (g eq/L)	1,45E-3
Peso equivalente ião sulfato (g eq/L)	1,67E-3
Volume de resina (L)	30
Volume de água tratado (m ³ /ciclo/coluna)	25
Número de colunas instaladas em serviço:	1
Dimensionamento	
Tempo de contato (min)	1,1
Quantidade de nitratos removida (g NO ₃ ⁻ /ciclo/coluna)	2250
Capacidade unitária de permuta da resina (g NO ₃ ⁻ /L resina/ciclo)	75
g eqNO ₃ ⁻ /L resina	1,21
Quantidade de sulfatos removida (g SO ₄ ²⁻ /ciclo/coluna)	2000
Capacidade unitária de permuta da resina (g SO ₄ ²⁻ /L resina/ciclo)	66,7
g eq SO ₄ ²⁻ /L resina	1,39
Capacidade unitária total de permuta da resina (g equival/L resina)	2,60
Consumo máximo unitário de sal de regeneração (kg/L de resina)	0,20
kg/regeneração/coluna	6
Concentração de salmoura de regeneração (%)	12
Volume de salmoura de regeneração (L/coluna)	50
Capacidade unitária mínima de permuta de resina (eq/L)	0,9
Capacidade total de permuta de resina (eq)	27
Volume de água tratada (m ³)	9
Intervalo de regeneração (h)	5
Consumo de sal	
Regeneração unitaria(regeneração/mês)	133,0
Consumo de sal (kg sal/mês)	799,2
Preço de venda de sal (€/Kg)	0,4
Custo mensal de sal (€/mês)	319,7
Custo anual sal (€/ano)	3836,3
Consumo de Resina	
Preço unitário (€/L)	26
Preço fixo resina (€)	780
Intervalo troca resina (ano)	3
Consumo resina anual (€/ano)	260

A8 - CE da permuta iónica no Álamo

Tabela 56 - Dados e resultados do dimensionamento da permuta iónica para o Álamo

Dados	
Resinas comerciais adequadas para remoção de nitratos em água de consumo	Purolite A520E
Caudal de água bruta admissível ($\text{m}^3/\text{h}/\text{coluna}$)	12
Concentração de nitratos na água bruta ($\text{mg NO}_3^-/\text{L}$)	80
Concentração de sulfatos na água bruta ($\text{mg SO}_4^{2-}/\text{L}$)	31
Peso equivalente ião nitrato (g eq/L)	1,29E-3
Peso equivalente ião sulfato (g eq/L)	6,5E-3
Volume de resina (L)	600
Volume de água tratado ($\text{m}^3/\text{ciclo}/\text{coluna}$)	150
Número de colunas instaladas em serviço:	2
Dimensionamento	
Tempo de contato (min)	3,0
Quantidade de nitratos removida ($\text{g NO}_3^-/\text{ciclo}/\text{coluna}$)	6000
Capacidade unitária de permuta da resina ($\text{g NO}_3^-/\text{L resina}/\text{ciclo}$)	10
$\text{g eq NO}_3^-/\text{L resina}$	0,16
Quantidade de sulfatos removida ($\text{g SO}_4^{2-}/\text{ciclo}/\text{coluna}$)	2325
Capacidade unitária de permuta da resina ($\text{g SO}_4^{2-}/\text{L resina}/\text{ciclo}$)	3,9
$\text{g eq SO}_4^{2-}/\text{L resina}$	0,08
Capacidade unitária total de permuta da resina ($\text{g equival/L resina}$)	0,24
Consumo máximo unitário de sal de regeneração (kg/L de resina)	0,20
$\text{kg/regeneração}/\text{coluna}$	120
Concentração de salmoura de regeneração (%)	12
Volume de salmoura de regeneração (L/coluna)	1001
Capacidade unitária mínima de permuta de resina (eq/L)	0,9
Capacidade total de permuta de resina (eq)	1080
Volume de água tratada (m^3)	558
Intervalo de regeneração (h)	23
Consumo de sal	
Regeneração unitária (regeneração/mês)	31,0
Consumo de sal ($\text{kg sal}/\text{mês}$)	3721,8
Preço de venda de sal (€/Kg)	0,4
Custo mensal de sal (€/mês)	1488,7
Custo anual sal (€/ano)	17864,5
Consumo Resina	
Preço unitario (€/L)	30
Preço fixo resina (€)	18000
Troca resina (ano)	3
Consumo resina anual (€/ano)	6000

A9 - CE da permuta iónica no Olival

Tabela 57 - Dados e resultados do dimensionamento da permuta iónica para o Olival

Dados	
Resinas comerciais adequadas para remoção de nitratos em água de consumo	Purolite A520E
Caudal de água bruta admissível ($\text{m}^3/\text{h}/\text{coluna}$)	5,3
Concentração de nitratos na água bruta ($\text{mg NO}_3^-/\text{L}$)	57
Concentração de sulfatos na água bruta ($\text{mg SO}_4^{2-}/\text{L}$)	20
Peso equivalente ião nitrato (g eq/L)	8,9E-4
Peso equivalente ião sulfato (g eq/L)	4,2E-3
Volume de resina (L)	90
Volume de água tratado ($\text{m}^3/\text{ciclo}/\text{coluna}$)	75
Número de colunas instaladas em serviço:	1
Dimensionamento	
Tempo de contato (min)	1,0
Quantidade de nitratos removida ($\text{g NO}_3^-/\text{ciclo}/\text{coluna}$)	4275,00
Capacidade unitária de permuta da resina ($\text{g NO}_3^-/\text{L resina}/\text{ciclo}$)	47,5
$\text{g eq NO}_3^-/\text{L resina}$	0,77
Quantidade de sulfatos removida ($\text{g SO}_4^{2-}/\text{ciclo}/\text{coluna}$)	1500,00
Capacidade unitária de permuta da resina ($\text{g SO}_4^{2-}/\text{L resina}/\text{ciclo}$)	16,7
$\text{g eq SO}_4^{2-}/\text{L resina}$	0,35
Capacidade unitária total de permuta da resina ($\text{g equival}/\text{L resina}$)	1,11
Consumo máximo unitário de sal de regeneração (kg/L de resina)	0,20
$\text{kg/regeneração}/\text{coluna}$	18
Concentração de salmoura de regeneração (%)	12
Volume de salmoura de regeneração (L/coluna)	150
Capacidade unitária mínima de permuta de resina (eq/L)	0,9
Capacidade total de permuta de resina (eq)	81
Volume de água tratada (m^3)	61
Intervalo de regeneração (h)	11
Consumo de Sal	
Regeneração unitaria($\text{regeneração}/\text{mês}$)	62,9
Consumo de sal ($\text{kg sal}/\text{mês}$)	1134,3
Preço de venda de sal (€/Kg)	0,4
Custo mensal de sal (€/mês)	453,7
Custo anual sal (€/ano)	5444,5
Consumo de Resina	
Preço unitario (€/L)	30
Preço fixo resina (€)	2700
Troca resina (ano)	3
Consumo resina anual (€/ano)	900

A10 - CE da osmose inversa na Azenha Nova

Tabela 58 - Dados e resultados do dimensionamento da osmose inversa para a Azenha Nova

Anti incrustante (€/m ³ água tratada)	0,09
Agente redutor do cloro (€/m ³ água tratada)	0,02
Consumo membrana (€/ano)	700
Tempo de vida membrana (anos)	3
Custo membrana (€/unidade)	700
Membranas na unidade de OI	3

Tabela 59 - Características técnicas da unidade de osmose inversa da Azenha Nova

Características técnicas	
Unidade de Osmose inversa	
Q _{nominal} de serviço (L/h) a 20 °C	1350
Concentração max. de sais (ppm NaCl)	500
% Redução de sais	>95
Potência motor (kW)	2,2
Ligações elétricas (Volts;Hz) trifásica	380 ; 50

A11 - CE da osmose inversa no Álamo

Tabela 60 - Dados e resultados do dimensionamento da osmose inversa para o Álamo

Anti incrustante (€/m ³ água tratada)	0,09
Agente redutor do cloro (€/m ³ água tratada)	0,02
Consumo membrana (€/ano)	9333
Tempo de vida membrana (anos)	3
Custo membrana (€/unidade)	700
Membranas na unidade de OI	40

Tabela 61 - Características técnicas da unidade de osmose inversa do Álamo

Características técnicas	
Unidade de Osmose inversa	
Q _{nominal} de serviço (L/h) a 20 °C	25 000
Concentração max. de sais (ppm NaCl)	1500
Potência motor (kW)	18,5

A12 - CE da osmose inversa no Olival

Tabela 62 - Dados e resultados do dimensionamento da osmose inversa para o Olival

Anti incrustante (€/m ³ água tratada)	0,09
Agente redutor do cloro (€/m ³ água tratada)	0,02
Consumo membrana (€/ano)	1167
Tempo de vida membrana (anos)	3
Custo membrana (€/unidade)	700
Membranas na unidade de OI	5

Tabela 63 - Características técnicas da unidade de osmose inversa no Olival

Características técnicas	
Unidade de Osmose inversa	
Q _{nominal} de serviço (L/h) a 20 °C	2850
Concentração max. de sais (ppm NaCl)	500
% Redução de sais	>95
Potência motor (kW)	4,2
Ligações elétricas (Volts;Hz)trifasica	380 ; 50

A13 - População residente no concelho de Estremoz

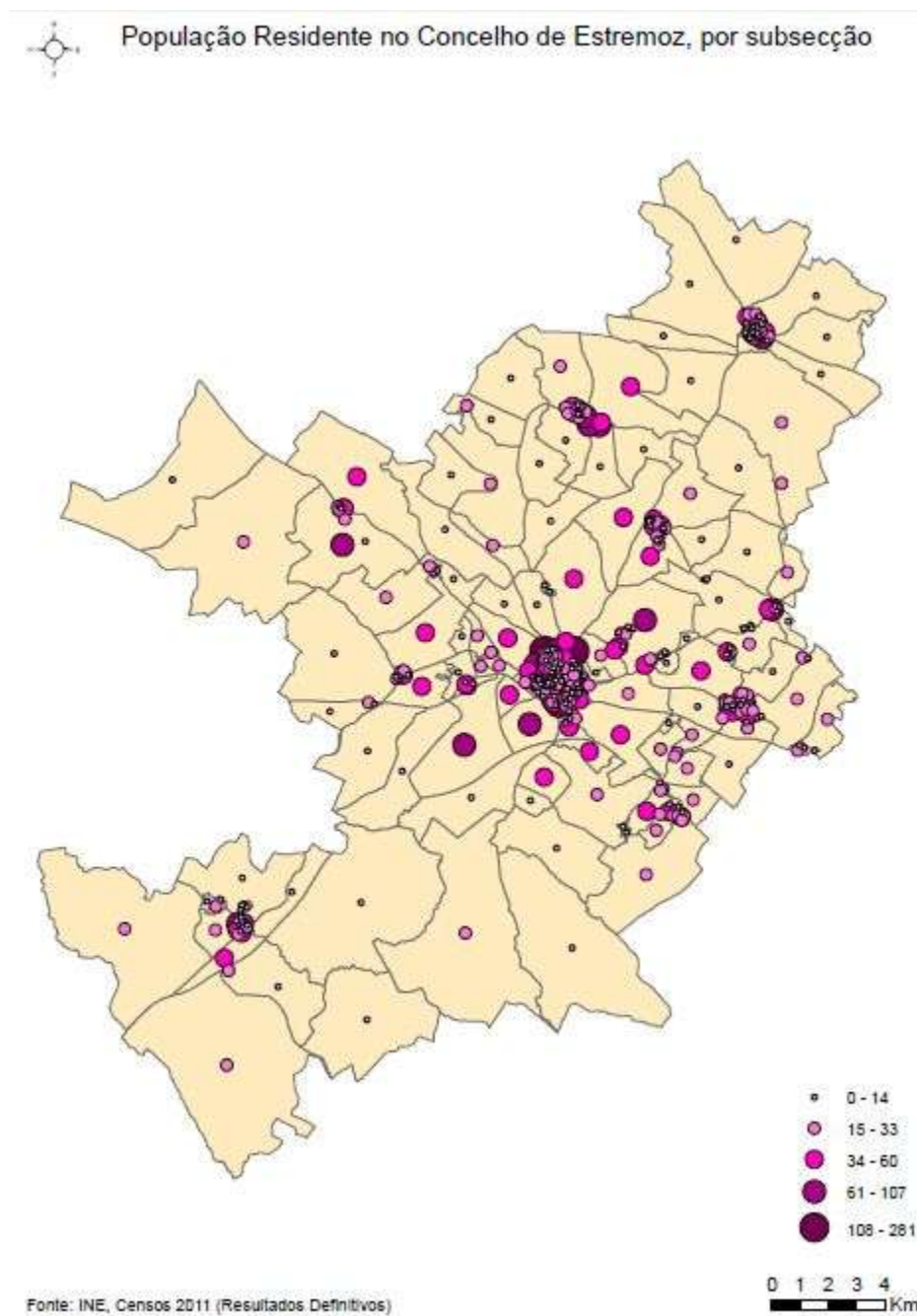


Figura 50 – Densidade populacional no Município de Estremoz, extraído (Departamento de SIG da Câmara Municipal de Estremoz, 2013)